



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 7月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-203429

出 願 人

Applicant(s):

株式会社日立製作所
バブコック日立株式会社

RECEIVED

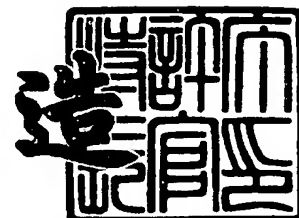
APR 18 2002

TECHNOLOGY CENTER R3700

2001年11月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3104856

【書類名】	特許願
【整理番号】	NT01P0480
【提出日】	平成13年 7月 4日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	H01M 8/00
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製 作所 日立研究所内
【氏名】	東山 和寿
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製 作所 日立研究所内
【氏名】	小町谷 昌宏
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製 作所 日立研究所内
【氏名】	檜山 清志
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製 作所 日立研究所内
【氏名】	加茂 友一
【発明者】	
【住所又は居所】	広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立株式会社 呉研究所内
【氏名】	今田 典幸
【発明者】	
【住所又は居所】	広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立株式会社 呉 事業所内
【氏名】	岡野 哲朗

【発明者】

【住所又は居所】 広島県呉市宝町 3 番 3 6 号 バブコック日立株式会社
呉研究所内

【氏名】 加来 宏行

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000005441

【氏名又は名称】 バブコック日立株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【その他】

国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成 1 2 年度新
エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産

業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 水素製造装置およびそれを用いた発電システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空気（酸素，酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記原料は、要求水素製造量に応じて予め定めた複数設定値のいずれかを選択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素，酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、当該空気（酸素，酸化剤）の供給量を可変制御するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 2】 空気（酸素，酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素，酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、流量可変な弁の開度を制御して当該空気（酸素，酸化剤）の供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 3】 空気（酸素，酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素，酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、当該空気（酸素，酸化剤）の供給圧力を制御して供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 4】 空気（酸素，酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素，酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲に

なるよう、吐出量を制御可能なブローアの当該吐出量を制御して、前記空気（酸素、酸化剤）の供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 5】 空気（酸素、酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた $n 1$ 通りの設定値のいずれかを選択して、該原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素、酸化剤）については、予め定めた $n 2$ 通りの設定値のいずれかを選択して、当該空気（酸素、酸化剤）の供給量を設定するようにし、ここで、 $n 1 < n 2$ としたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 6】 空気（酸素、酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記空気（酸素、酸化剤）と前記各原料の供給系には、それぞれに流量設定手段を設け、

当該流量設定手段の少なくとも一つは、所定時間周期 $T 1$ のうち所定時間 $T 2$ の間だけ供給系を開くと共に、 $T 1$ 時間の平均供給量が所望の値になるように流量設定したことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 7】 要求水素製造量の切替えなどの水素製造運転の状態に応じて、上記 $T 2$ の値を変えるようにした請求項 6 に記載の水素製造装置。

【請求項 8】 前記各原料が水とメタンである請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 9】 前記各原料が水とメタノールである請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 10】 前記各原料が類であって、メタノール水溶液である請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 11】 前記水素製造装置は、発熱反応と吸熱反応とを併用する併用改質法により、水素を製造するものである請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 12】 流量設定のために設けた手段の少なくとも一つは、並列配管された開閉弁である請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 1 3】 前記開閉弁の少なくとも一つに、定流量弁を直列配管した請求項 1 2 に記載の水素製造装置。

【請求項 1 4】 前記開閉弁の少なくとも一つに、整圧器（ガバナ）を直列配管した請求項 1 2 に記載の水素製造装置。

【請求項 1 5】 前記空気（酸素、酸化剤）の流量設定手段が、吐出量の制御が可能なプロアである請求項 1 2 に記載の水素製造装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 ～ 1 5 のいずれかに記載の水素製造装置を用いたことを特徴とする燃料電池発電システム。

【請求項 1 7】 前記水素製造装置の出力後段に、水素貯蔵手段（バッファタンク）を備えた請求項 1 6 に記載の燃料電池発電システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空気（酸素、酸化剤）と炭化水素や水などの原料とから、水素を含むガスを製造する水素製造装置（改質器）と、該水素製造装置によって製造された水素を使って発電をする燃料電池発電システムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

工業的な水素の製造プロセスには、種々の手法が知られている。富永博夫、玉置正和監修『化学反応と反応器設計』（丸善株式会社、1996）、221頁によると、①水の電気分解、②石炭・コークスのガス化、③炭化水素の水蒸気改質、④炭化水素の部分酸化、⑤炭化水素の脱水素と云ったプロセスが示されている。歴史的には、①と②の方法がプロセスの先駆けであるが、現在では、石油系、天然ガス系の炭化水素を原料とする③や④の手法が主流である。

【 0 0 0 3 】

これらのプロセスは、アンモニア合成用水素製造を主目的に開発されたものであるが、水素を主要な原料の一つとして発電する燃料電池発電システムにおいても、水素製造の基本プロセスとして適用が検討されている。一例として、特開 2 0 0 0 - 5 3 4 0 3 号公報には、メタノール水溶液を原料に、水蒸気改質反応と

部分酸化反応とを組合わせた水素製造プロセスの制御法が開示されている。これによれば、反応部の温度をモニタしながら、反応熱を考慮した理論反応モデルに基づき、供給酸素量がリアルタイムに演算、決定される。一般に、理論反応モデルをベースに供給原料量を制御する方法によると、詳細な反応制御、特に、反応温度の安定化が容易となる。

【0004】

ここで、反応温度の安定化は、併用改質方式（オートサーマル改質方式）と呼ばれる水素製造方式を採用する場合に特に重要である。

【0005】

併用改質方式の特徴は、吸熱反応である水蒸気改質反応と、発熱反応である部分酸化反応とを組合せ、両反応のバランスによって、反応に必要な温度を維持する点にある。反応のバランスは、供給原料量の調節によって実現する。反応に必要な熱の供給が自立的に賄われるため、外部加熱手段が不要となり、結果として装置が簡略化される。また、同時に、水素製造効率の高い水蒸気改質反応の特徴を活かすことができる。

【0006】

逆に、併用改質方式の特徴を活かすには、外乱の予想される実用環境下でも反応温度を維持できる供給原料量の制御が必要になる。もちろん、併用改質方式以外の方式においても、反応の安定化が実用上重要であることは云うまでもない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記公知例に示される制御方式によると、制御に必要なハードウェアも自然と高度なものにならざるを得ない。何故なら、各種の原料流量を正確に検出し、その結果を基に詳細な制御をするためには、それぞれに高度な流量検出・制御装置が必要となるからである。結果として、システム全体がコスト高となり、限られた応用分野にしか技術を適用できなくなるという課題があった。

【0008】

ここで、もし低コスト化を目的に、水素製造に係る全ての原料について、供給量の簡易な検出、制御、またそれに伴う簡便なハード構成を採用すると、実用面

での反応の安定化、特に併用改質方式の場合には、反応温度の維持が困難になると云う課題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記課題に鑑みてなされたものであり、反応の安定化、特に反応温度の維持に必要な供給原料についてのみフィードバック制御を実施し、その他の供給原料については、要求水素製造量に応じて予め決めた設定値に従って、オープンループ制御で原料を供給する方法を提案する。

【0010】

理論反応モデルをベースとして、リアルタイムに供給量を計算する方法とは異なり、目標温度と測定温度との偏差に基くフィードバック制御では、制御的な負荷が小さい。また、想定した反応モデルと実反応との違いによって、無理な制御が加わる心配がない。加えて、フィードバックの対象とする供給原料以外については、要求水素製造量毎に所定の流量を選択すればよいので、高度な流量検出・制御のための装置が不要となる。

【0011】

要求水素製造量として、幾通りの製造量を想定するかは、応用分野により異なるが、例えば、家庭用分散電源としての燃料電池発電システムの場合、停止までを含めて、高々数通り、あるいは、それ以下の組合せで応用が可能である。

【0012】

ここで、反応温度の維持に必要な供給原料として本発明者らが注目したものは、空気、酸素または同等の役割を担うことのできる酸化剤である。

【0013】

酸化反応を促進するための触媒を、反応後、密閉された容器から外に出すと、再び急激な発熱を開始する場合がある。これは触媒表面に残留した原料が空気中の酸素に触れた結果、酸化反応が促進されて生じる現象である。つまり、供給する空気（酸素、酸化剤）の量を制御することで、速やかに、かつ、確実に温度を調節できることが分かる。なお、本発明では空気（酸素、酸化剤）を特別に扱い、各原料と云った場合には、供給原料のうち空気（酸素、酸化剤）以外の原料を

示すものとする。

【 0 0 1 4 】

前記課題を解決する本発明の要旨は次ぎのとおりである。

【 0 0 1 5 】

空気（酸素、酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記各原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた複数設定値のいずれかを選択して、当該各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素、酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、当該空気（酸素、酸化剤）の供給量を可変制御するようにした水素製造装置である。

【 0 0 1 6 】

上記において、複数の設定値とは、外乱の比較的少ない環境で、要求水素製造量を安定に実現できる各原料の供給量を意味する。実用環境で生じ得る一時的、突発的な反応の変動、特に、温度変動については、前記空気（酸素、酸化剤）の供給量にフィードバック制御を施して必要な調節をするようにしている。

【 0 0 1 7 】

また、別の手段は、空気（酸素、酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記各原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、前記各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気（酸素、酸化剤）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、流量可変な弁の開度、空気（酸素、酸化剤）の供給圧力、ブロー吐出量のうちの少なくとも一つを制御し、供給量を設定するようにした水素製造装置である。

【 0 0 1 8 】

上記において、開閉のみが必要とされる弁（以下、開閉弁と呼ぶ）は、流量制御を目的とした調節弁より比較的安価であり、制御も容易である。そこで、空気

(酸素、酸化剤)には流量制御のための調節弁や供給圧力、プロア回転数の制御を採用し、その他の各原料については、比較的安価で扱い易い開閉弁の組み合わせを採用するようにしている。

【 0 0 1 9 】

また、空気(酸素、酸化剤)と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、

前記各原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた $n 1$ 通りの設定値のいずれかを選択して、当該各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気(酸素、酸化剤)については、予め定めた $n 2$ 通りの設定値のいずれかを選択して、当該空気(酸素、酸化剤)の供給量を設定するようにし、 $n 1 < n 2$ とした水素製造装置である。

【 0 0 2 0 】

上記において、空気(酸素、酸化剤)とその他の各原料とは、何れも離散的な流量値を採るようにしているが、条件 $n 1 < n 2$ を満たすことで、空気(酸素、酸化剤)を、その他の各原料よりも細かいステップで制御ができるようにしている。

【 0 0 2 1 】

また、別の手段は、空気(酸素、酸化剤)と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記空気(酸素、酸化剤)と前記各原料の供給系には、それぞれに流量設定手段を設け、該流量設定手段の少なくとも一つは、所定時間周期 $T 1$ のうち所定時間 $T 2$ の間だけ供給系を開くと共に、

$T 1$ 時間の平均供給量が所望の値になるように流量設定した水素製造装置である。

【 0 0 2 2 】

また、要求水素製造量の切替えなどの水素製造運転の状態に応じて、前記 $T 2$ の値を変えるようにした水素製造装置である。

【 0 0 2 3 】

上記の流量設定手段には、開閉時間を制御した開閉弁を採用することができ、要求水素製造量に応じて、弁の開放時間に相当する前記所定時間 T 2 を可変としている。また、空気（酸素、酸化剤）の流量設定手段については、前記所定時間 T 2 を、反応温度等に関するフィードバック量についても可変としている。

【 0 0 2 4 】

前記いずれかの手段においても、比較的高度なハードウェアを要する制御を空気（酸素、酸化剤）の流量制御に限定し、他の原料については、要求水素製造量に応じて予め記憶した値のみを設定する、比較的簡便なハードウェアを使用しているため、全体に低コストでありながら、温度制御については実用的安定性を実現し得る水素製造装置を提供することができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、本発明の前記水素製造装置の応用例として、該水素製造装置を内部水素供給源として用いた燃料電池発電システムがある。

【 0 0 2 6 】

燃料電池への応用を考えた場合、水素製造量の切換え時に生じるステップ的変動や、前記開閉弁の時間制御によって生じる供給水素量の脈動が、好ましくない場合がある。

【 0 0 2 7 】

これに対する解決の手段は、前記本発明に係る水素製造装置の出力後段に、水素貯蔵手段（バッファタンク）を備えるのが好ましい。これらによって、前記ステップ的変動や脈動は、水素貯蔵手段（バッファタンク）で吸収され、低減されるようにしている。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

〔実施例 1〕

図 1 は本実施例に係る水素製造装置とこれを用いた燃料電池発電システムの説明図である。

【 0 0 2 9 】

図中、1 は当該水素製造装置への供給原料を示し、1 c は空気、酸素または同

等の役割を担う酸化剤を、1 a、1 b はそれ以外の各原料を代表して示す。

【0030】

本実施例において、各原料は二種類であり、例えば、原料1 (1 a) はメタン、原料2 (1 b) は水である。各供給原料1 a ~ 1 c の供給流量を設定するための流量設定手段2, 3 を備えている。当該流量設定手段の具体例は、以下の各図面で順に説明するが、原料1 a、1 b に対応する流量設定手段に、離散的な流量設定に適した離散的流量設定手段2 a、2 b を用い、原料1 c に対応する流量設定手段3 に連続的な流量設定に適した連続的流量設定手段3 を用いた点が、本実施例の構造的特徴である。

【0031】

ここで、離散的とは、設定の対象とする流量値が、例えば、弁の開閉のように離散的に決められることを意味する。また、連続的とは、設定の対象とする流量値が、例えば、弁の開度調節が可能な調節弁のように、連続的に決められることを意味する。

【0032】

連続的流量設定手段3 が、仮に連続的な流量設定ができなくても、離散的流量設定手段2 a、b と比較して多段階の流量設定が可能であれば、本発明の効果を著しく損なうことはない。

【0033】

更に、前記各供給原料から所定の化学反応によって水素を製造する原料改質調整手段4 と、該原料改質調整手段4 によって製造された水素リッチガスを使って発電をする発電手段5 を備えた装置で、具体的には燃料電池を指す。

【0034】

該燃料電池として、特に、固体高分子型燃料電池 (P E F C) を使用すると、比較的低温 (8 0℃程度) で、小型の発電システムを組むことができる。燃料電池の種類によっては、特定種類のガス、例えば、一酸化炭素は発電に悪影響を及ぼすため、当該種類のガスを予め除去ないし低減しておく必要がある。また、供給原料に含まれる硫化物など特定成分を改質反応前に除去しておく方が望ましい場合もある。原料改質調整手段4 では、こうしたガス組成の調整も内部で実施す

る。

【0035】

さらに、要求水素製造量の指令値に応じて、前記各流量設定手段に流量設定値を与える流量選択手段6と、要求水素製造量に応じて設定すべき、前記各流量設定手段の流量設定値を記憶しておくための記憶手段7を備えている。

【0036】

また、原料改質調整手段4の運転状態に係る量、例えば、改質反応部の代表温度を計測し、前記流量設定手段3に対してフィードバック制御をするフィードバック手段8を備える。なお、11a、11b、11cは原料供給の流れを、12a、12b、12cは流量設定された後に原料改質調整手段4へ供給される原料の流れを、13は原料改質調整手段4の所定化学反応の結果得られた水素リッチな生成ガスを、14は発電手段5の発電によって得られた電氣的な出力をそれぞれ示す。

【0037】

次に、本実施例の水素製造装置の働きについて説明する。最初に、該水素製造装置に対して、要求水素製造量の指令101が与えられる。指令101は、外部からユーザが与えるか、あるいは、内部シーケンスの中で自動的に与えるようにしてもよい。

【0038】

指令101の値は、例えば、単位時間当りの水素製造量が標準状態でどのくらいの体積であると云った数値情報でもよいし、水素製造の運転状態が低負荷運転であると云った運転モードを指定するものであってもよい。流量選択手段6は、これらの各指令値に応じて、記憶手段7から一組の流量設定値102bを読み出す(102a)。

【0039】

また、得られた情報に基づき、各流量設定手段2a、2b、3に流量設定信号103a、103b、103cを出力する。これにより、各供給原料毎に、予め決めておいた望ましい流量が設定され、原料改質調整手段4に供給される。

【0040】

原料改質調整手段 4 では、所定の化学反応を経て、要求水素製造量に応じた水素を含む水素リッチガス 1 3 が出力され、燃料電池などの発電手段 5 に供給される。原料改質調整手段 4 の化学反応が理想的に安定であれば、これ以上の制御は不要であるが、実用環境では、予期せぬ内的外的要因により、反応が不安定になる場合がある。

【 0 0 4 1 】

上記に対するフィードバック制御として、前記所定の化学反応に係る反応温度 1 0 4 を検出し、これが所定の温度あるいは温度幅からずれた場合に、当該ずれ量に応じて流量設定手段 3 の設定流量値を増減させるようにした (1 0 5) 。当該補正後の流量設定値を算出するため、図 1 のフィードバック手段 8 は、流量選択手段 6 の出力 1 0 3 c を併せて参照している。

【 0 0 4 2 】

ここで、流量設定手段は、最も速やかにかつ確実に反応温度を変更できる空気 (酸素・酸化剤) の量を調節する。フィードバックの結果を流量補正に的確に反映するため、該流量設定手段 3 には、例えば、調節弁のように、連続的流量設定に適した連続的流量設定手段 3 を使うことが望ましい。

【 0 0 4 3 】

これに対し、その他各原料の流量設定にはフィードバック制御を施さず、要求水素製造量に応じた値の設定のみを実施するようにした。このため、流量設定手段には、例えば電磁弁のように、比較的安価で制御容易な、離散的流量設定に適した流量設定手段 2 a、2 b を使うことができる。

【 0 0 4 4 】

空気 (酸素・酸化剤) 1 c の流量設定手段 3 には温度フィードバックを施す一方、その他各原料 1 a、1 b の流量設定手段 2 a、b には、要求水素製造量 1 0 1 に応じて流量値を設定するオープンループ制御を適用した組合せに、本発明の制御面での特徴がある。

【 0 0 4 5 】

補足として、図 1 では、各部の機能を明確にするため、流量選択手段 6、フィードバック手段 8 とは別に、記憶手段 7 を示すが、記憶手段 7 は、流量選択手段

6、フィードバック手段 8 の少なくとも一方と一体に構成してもよい。

【0046】

別の補足として、水素製造の反応停止時、原料改質調整手段 4 を適正な状態に保持するため、原料供給は停止状態でありながら、内部のガスを循環させ続ける場合がある。該リサーキュレーションのためのガス流は、原料供給のための流量設定手段 2 a, 2 b, 3 とは別に、原料改質調整手段 4 の内部に設けることができる。あるいは、原料改質調整手段 4 の出力ガス 1 3 を流量設定手段の上流に戻すバイパス配管とガス流切替えのための弁を追加し、流量設定手段 2 a, 2 b, 3 の少なくとも一つへ入力ガスを切替えて、前記リサーキュレーションを実施するようにしてもよい。

【0047】

本実施例によれば、内的外的要因による一時的、突発的な反応の不安定化に適切に対処できる。ここで、適切とは、以下の内容を意味する。

【0048】

一時的、突発的な反応の不安定化に対して、例えば、適正な反応温度を維持するように供給原料量全体の組合せを制御しようとする、制御後の原料供給量は、もともと不安定要因がなければ要求水素製造量を安定に実現できていた条件を、敢えて変化させたものになる。反応には応答遅れが伴うことを考えると、該制御自体が新たな外乱要因になる危険性がある。

【0049】

これを回避しながら、一時的、突発的変動に応じて反応を変化させ、変動の回復後に再び元の安定状態に収束させるためには、一般に原料供給量の詳細制御が不可欠になる。結果として、対応するハードウェア（流量設定手段）も高度なものにならざるを得ない。

【0050】

これに対し、本発明では、空気（酸素・酸化剤）以外の各原料については、本来反応が安定であれば、必要とされる原料供給量を維持したまま反応の一時的、突発的な不安定化に対しては、空気（酸素・酸化剤）の量を調節して反応温度を維持し、これにより反応の安定化を図るようにしている。このため、外乱変動に

対する制御応答が早いばかりでなく、当該制御自体が新たな変動要因となる危険性が少ない。

【 0 0 5 1 】

また、構造や制御が複雑になりがちな流量設定手段について見れば、空気（酸素・酸化剤）以外の流量設定手段に対しては、詳細な流量制御を不要としているので、比較的構造が簡単で、かつ、制御の容易な流量設定手段を使うことができる。その結果、ハードウェアとソフトウェアの両面から、システム全体を低コストに提供することができる。

【 0 0 5 2 】

なお、図 1 の記憶手段 7 に記憶される情報は、要求水素製造量毎に流量設定値の組を割り当てたマップであってもよいし、要求水素製造量に応じて流量設定値を算出できるようにした函数であってもよい。

【 0 0 5 3 】

流量選択手段 6 は、記憶手段 7 から得られた情報をそのまま利用してもよいし、複数の情報を基に補間等の演算を施して各流量設定値を算出するようにしてもよい。しかしながら、本発明の効果を最も引き出すには、できるだけ簡単な設定法が望ましい。

【 0 0 5 4 】

次に、流量設定手段の構造とその流量設定法について説明する。図 2 は本実施例に係る離散的流量設定手段の一例を説明する説明図である。

【 0 0 5 5 】

図中、2 1 a は供給原料の流れ 1 1 a に対する分岐手段である。分岐手段 2 1 a は、例えば、それぞれ所望の流路抵抗を持たせた分岐配管を組合せて実現できる。流路抵抗は、配管自体の寸法や形状を変えて与えてもよいし、前記分岐手段 2 1 a の内部の流路構造によって与えてもよい。

【 0 0 5 6 】

2 2 a、2 3 a は、所定の信号をトリガとする開閉動作のできる開閉弁である。例えば、玉型弁やピンチ弁などのように、連続的に流量変化のできる調節弁を使って開閉動作をさせることもできるが、本実施例の開閉弁としては、制御を容

易にするため、例えば、電磁弁のように専ら開閉動作を目的とした弁の使用が望ましい。開閉弁 2 2 a と 2 3 a は、後述の流量調節のため、入力に対して並列に配管している。

【 0 0 5 7 】

2 4 a は流れの結合手段である。結合手段 2 4 a の構造は、基本的に上流側の 2 つの配管を結合させるようにすればよいが、原料の逆流を抑制するため、例えば、2 つの配管を二重配管にした後、合流させたり、あるいは、流体の逆止構造を併用してもよい。上記流れの分岐手段 2 1 a、流れの結合手段 2 4 a、および、並列配管された開閉弁 2 2 a、2 3 a により、図 1 の離散的流量設定手段 2 a を構成した。

【 0 0 5 8 】

次に、図 2 の流量設定手段の働きについて説明する。図中、1 0 3 a は流量選択手段 6 (図 1) が出力する流量設定のための信号であり、開閉弁 1 (2 2 a) と開閉弁 2 (2 3 a) のそれぞれに対する開閉信号の組である。各開閉信号の組合せで、遮断 (停止) を含めた図 2 (b) の計 4 通りの流量設定ができる。

【 0 0 5 9 】

この 4 通りの中間の流量については、設定対象としないので、離散的流量設定手段という呼び方をした。ここで、開閉弁 1 (2 2 a) が開いた場合の流量が、開閉弁 2 (2 3 a) が開いた場合の流量より少なくなるよう、上記分岐手段 2 1 a の分岐流量を調節しておく、弁の開閉と原料 1 (1 1 a) の供給流量との関係は、図 2 (b) の表のようになる。

【 0 0 6 0 】

開閉弁 1, 2 を共に閉にした場合は、供給流量がゼロであり、これは図 1 の原料改質調整手段 4 において、反応を停止し、新たな水素製造をしない場合に対応する。開閉弁 1, 2 の一方のみを開にした場合は、それぞれ低流量、中流量の原料供給に対応する。さらに、開閉弁 1, 2 を共に開にすれば、低流量と中流量のほぼ合計の流量である高流量の原料供給ができる。

【 0 0 6 1 】

水素製造量に応じた原料の供給ができるよう、予め分岐手段 2 1 a の分岐流量

を設定しておけば、上記4通りの原料供給の組合せは、それぞれ水素製造の反応停止、低流量運転（初期運転）、中流量運転、高流量運転（定格）に対応させることができる。

【 0 0 6 2 】

例えば、要求水素製造量指令101（図1）として、低流量運転（初期運転）の指示があれば、流量選択手段6は、記憶手段7の情報として、開閉弁1を開に、開閉弁2を閉にするよう信号103aを出力する。図1の原料2（11b）についても、要求水素製造量指令101に応じて、同じ方法で流量設定できる。

【 0 0 6 3 】

補足として、上記開閉弁1，2の組合せを利用すると、原料改質調整手段4の自己診断をすることもできる。一例として、水素製造のための反応が適正であれば、供給原料の増加に応じて、所定の割合で水素製造量が増加するが、例えば、反応に使用される触媒が劣化し、適正な反応状態が得られなくなると、供給原料を増加させても水素製造量は増加しなくなる。あるいは、初期の状態とは異なる挙動を示すようになる。

【 0 0 6 4 】

そこで、上記開閉弁1，2の開閉の組合せと、例えば、製造水素量や燃料電池出力との相関を診ることにより、システムの経時劣化や故障を検出できる。また、当該相関変化の割合を捉えて傾向を外挿すれば、劣化や異常の予測をすることもできる。その結果、例えば、運転モードを劣化モードや故障モードに切替えたり、適切な警告信号を発したりすることができる。

【 0 0 6 5 】

上記運転モードの切替えに必要な供給原料の変更値は、図1の記憶手段7に予め記憶しておくことができる。上記の自己診断は、通常の運転状態の中でデータをサンプリングして実施してもよいし、あるいは所定の診断モードにおいて実施するようにしてもよい。診断モードへの切替えは、例えば、装置の立上げ時や、電力負荷の少ない夜間などに実施することができる。

【 0 0 6 6 】

別の補足として、上記開閉弁の数は必ずしも2つに限るものではない。より多

くの開閉弁を同様に並列配管し、開閉の組合せを制御すれば、より細かい流量設定が可能になる。その組合せ数は「2のべき」で増加するので、少数の開閉弁の追加でも十分な組合せ数の増加を得ることができる。

【0067】

上記本実施例に係る図2の離散的流量設定手段によれば、例えば、電磁弁のように、構造が簡単で制御も容易な開閉弁を高々2つ並列に組合わせることで、反応停止を含む実用的な4段階の水素製造運転に対応することができる。

【0068】

また、各開閉弁の開閉の組合せと云う、比較的簡単な制御で十分な動作が可能であるため、実用環境において制御や動作の誤りが起こりにくい。このため、実用面での信頼性を向上できる。

【0069】

次に、図3に示す上記本実施例に係る離散的流量設定手段について、別の例を説明する。

【0070】

まず、各部の説明をする。流れの分岐手段21a、開閉弁1(22a)、開閉弁2(23a)、流れの結合手段24aは、図2に説明した離散的流量設定手段と同じである。図3の離散的流量設定手段では、開閉弁1(22a)、開閉弁2(23a)の後段に、流量調整手段1(25a)、流量調整手段2(26a)をそれぞれ設けた。該流量調整手段としては、例えば、定流量弁や整圧器(ガバナ)を使用する。定流量弁とは、流れの一次圧(上流側圧力)あるいは二次圧(下流側圧力)に変動があっても、設定した流量を保持するものである。例えば、内部に1次圧、二次圧の差圧を調節するための機械的機構を備え、差圧一定の条件下に流路断面積を一定に保つことで、所定の流量を維持する方法が知られている。開閉弁の後段に定流量弁を設ければ、流れの分岐手段21aによる分流とは独立に所定の流量を設定できる。

【0071】

上記整圧器(ガバナ)とは、流れの圧力を所定の圧力に調節するものである。例えば、内部に流路面積可変な多孔板など、圧力損失を調節するための機構を備

え、出口側圧力を参照しながら圧力損失を調節することで、所定の出口圧を維持する方法が知られている。

【0072】

開閉弁の後段に整圧器（ガバナ）を設ければ、流れの分岐手段 2 1 a による分流とは独立に所定の圧力を設定でき、流路に特有な流れの抵抗に応じて、所定の流量を設定できる。

【0073】

次に、図 3 の流量設定手段の働きについて説明する。一例として、上記流れの分岐手段 2 1 a は、開閉弁 1（2 2 a）、開閉弁 2（2 3 a）に対し、同じ流量の原料を分岐し、供給する。

【0074】

開閉弁 1（2 2 a）、開閉弁 2（2 3 a）をそれぞれ開にした場合の流量は、上記流量調整手段 1（2 5 a）、流量調整手段 2（2 6 a）のそれぞれを使って、独立に設定するようにした。専用の流量設定手段を使用するので、開閉弁 1（2 2 a）、開閉弁 2（2 3 a）の設定流量をより正確に設定することができる。その他の構成要素は図 2 と同じである。

【0075】

補足として、図 3 の開閉弁 1（2 2 a）と開閉弁 2（2 3 a）には、それぞれ流量調整手段 1（2 5 a）と流量調整手段 2（2 6 a）を設けるようにしたが、厳密な流量設定が不要な場合には、当該流量調節手段を開閉弁 1，2 の何れか一方のみに直列配管するようにしてもよい。例えば、流量調節手段 1（2 5 a）のみを使用する場合、開閉弁 1（2 2 a）の流量は当該流量調節手段で与えられる一方、開閉弁 2（2 3 a）の流量は、流れの分岐手段 2 1 a の分岐流量で与えられる。

【0076】

上記図 3 の離散的流量設定手段によれば、各開閉弁の流量設定に流量調節手段を使用するので、開閉弁の上流側（1 次側）、下流側（二次側）の流れの状態が変動し、例えば、一次圧あるいは二次圧に変化があっても、常に正しい設定流量を供給し続けることができる。

【 0 0 7 7 】

また、流れの分岐手段 2 1 a には流量設定のための機能が不要となるので、当該分岐手段の構造を簡単にすることができる。

【 0 0 7 8 】

図 4 に本実施例に係る連続的流量設定手段の一例を説明する。図 4 中、1 c は水素製造の反応に使用する空気（酸素、酸化剤）である。供給源として、空気や酸素を充填した高压ガスボンベなどを使用してもよいが、図 4 ではより簡便に、大気中の空気を直接使用する場合を想定している。3 1 はそのブロアである。

【 0 0 7 9 】

後述のフィードバック制御のため、外部からの制御信号に従って、回転数可変なブロアを使用する。開閉弁の組合せ（図 2、図 3）と比べると、ブロアの回転数は連続的に変更可能である。設定流量を連続的に変更できる流量設定手段を総括して、連続的流量設定手段と云う呼び方をした。その他の構成要素は、図 1 と同じである。

【 0 0 8 0 】

次に、図 4 の流量設定手段の働きについて説明する。ブロア 3 1 は、周囲からの空気の供給 1 1 c を受けて、原料改質調整手段 4 に空気 1 2 c を供給する。該供給空気量はブロア 3 1 の回転数と相関がある。そこで、その回転数を制御して、供給空気量を調節することができる。

【 0 0 8 1 】

フィードバック手段 8 は、原料改質調整手段 4 の水素製造に係る反応部の温度 1 0 4 を検出する。温度の検出には、熱電対や各種の温度センサを使用できる。白金素線のような電気的抵抗線を所定の長さ配置し、該抵抗線の抵抗変化を測定して温度を検出するようにしてもよい。温度検出では、反応の代表個所の温度を検出してもよいし、平均温度を検出してもよい。代表個所として、例えば、酸化反応の進む最高温度部を選択すると、温度の上限を所定値以下にするようなフィードバック制御が容易になる。平均温度の検出には、上記電気的抵抗線のような分布型温度センサを使用してもよいし、あるいは、複数温度センサの出力を並列検出した後、フィードバック手段 8 にて平均値を演算してもよい。後者の場合は

、信号 1 0 4 は複数の温度信号をまとめて示すものとする。

【 0 0 8 2 】

フィードバック手段 8 は、要求水素製造量に応じて設定された空気流量情報 1 0 3 c を参照する。もとの設定情報 1 0 3 c を参照して、これに対する補正処理を実施する。図 4 の場合、当該空気流量を実現するブロア回転数情報を信号 1 0 3 c として直接使用してもよい。

【 0 0 8 3 】

フィードバック手段 8 は、検出温度 1 0 4 が、予め定めた目標温度あるいは温度幅からずれた場合に、そのずれ量に応じて流量設定手段 3 の設定流量値を増減させるようにする。ここで、設定流量の増減は、ブロア 3 1 の回転数の増減による。図 4 において、フィードバック手段 8 がブロア 3 1 に出力する流量補正のための信号 1 0 5 は、補正後の回転数制御信号である。

【 0 0 8 4 】

補足として、ブロア 3 1 の前段または後段に、空気浄化のためのフィルタ手段を設けてもよい。これにより、塵埃の多い環境でもシステムを安定に駆動することができる。また、同様に除湿器を設けてもよい。これにより、空気に含まれる水分を除去できるので、原料改質調整手段 4 に、制御された量以上の水分が加わることがない。さらに、ブロア 3 1 の後段には、絞り構造などの構造を設け、出力流量を調節してもよい。

【 0 0 8 5 】

上記本実施例に係る図 4 の連続的流量設定手段によれば、供給される空気（酸素、酸化剤）の量を、ブロアの回転数制御で連続可変に調節できるので、離散的流量設定手段（図 2、図 3）と比べると、流量を少し増やす、あるいは、少し減らすと云った流量補正が可能であり、比較的簡単な方法でこれらを実施できる。

【 0 0 8 6 】

一方で、離散的流量設定手段（図 2、図 3）と比べると、ブロアでは流れの乱れなどにより所定流量を一定に維持することが難しい場合もあるが、フィードバック手段 8 と組合せることにより、精度的な揺らぎや変化を補った使い方ができる。

【 0 0 8 7 】

図 5 に本実施例に係る連続的流量設定手段の別の例を説明する。図 5 中、3 2 は空気の圧縮手段であり、空気を所望の圧力に昇圧する働きをする。空気の圧縮手段 3 2 として圧縮機を利用できる。

【 0 0 8 8 】

圧縮機には、例えば、遠心力の作用により気体を外周部に吐き出し、その際の圧力上昇を利用する遠心式、ねじや回転翼を使う回転式、ピストンの往復動を利用する往復式など種々の方式がある。

【 0 0 8 9 】

吐出圧力を制御するには、当該圧縮機の吸込弁や吐出弁の開度を調節する他、圧力が増加した場合には風量を減少させ、圧力が減少した場合には風量を増加させる調節を実施すればよい。圧力を保持するため、圧縮機の後段にタンクを設けてもよい。もちろん、所定圧力まで空気を昇圧する目的に圧縮機を使用し、その後、例えばブローオフ弁の開閉周期を変えて、出口側圧力を減圧し、供給圧力を調節するようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

3 3 は、圧縮機 3 2 の後段に設けた配管の絞りである。絞り構造を設けることで、小型の圧縮手段に対して昇圧など圧力調節が容易になる。その他の構成要素は、図 4 と同じである。

【 0 0 9 1 】

次に、図 5 の流量設定手段の働きについて説明する。圧縮手段 3 2 で圧縮された空気は、絞り 3 3 の後段に所定の流量で流出する。当該流出量は、絞り 3 3 の上下流の差圧で決まるが、下流側圧力は反応系に開放されており、あまり大きく変動することがない。そこで、絞り 3 3 から下流へ流出する流量は、上流側、つまり圧縮手段 3 2 の出力側圧力によって変わるので、例えば、圧縮機の吐出圧を制御すれば、原料改質調整手段 4 への供給流量 1 2 c を調節できる。この場合、フィードバック手段 8 が出力する流量補正のための信号 1 0 5 は、圧縮機の吐出圧制御信号である。

【 0 0 9 2 】

圧力調節に、上記ブローオフ弁の開閉周期を利用する場合には、信号105は、当該開閉周期を制御するための信号である。何れの場合も、絞り33の上流側圧力を変えることで、供給流量を変えるようにしている。

【0093】

補足として、絞り33下流側圧力に比較的大きな変動があったとしても、フィードバック手段8は、所定温度に必要な空気流量を維持するよう、例えば、圧縮機吐出圧を自動的に補正する。つまり、当該下流側の圧力変動が、圧縮手段32の圧縮能力を上回るものでなければ、フィードバック制御上、問題になることはない。

【0094】

上記本実施例に係る図5の連続的流量設定手段によれば、圧力を介して供給流量を制御するので、原料供給中に生じ得る原料供給ライン内の圧力ドリフトや変動を自然に抑制できる。例えば、所定流量を維持するように流量制御をしていると、供給流体の圧縮性によって配管内圧力が次第に増加し、流量設定手段の許容値を超えて破綻を来したり、配管部の温度変動などの外乱により、配管内圧力が脈動して流量設定に悪影響を及ぼす場合が考えられる。圧力を介して流量を制御する方法では、通常の制御の中でこうした現象を回避できる。

【0095】

図6は、本実施例に係るフィードバック手段の制御法の一例を説明するフロー図である。

【0096】

当該制御法によれば、まず、流量設定手段6（図1）の流量設定信号103cに基き、設定流量（Q）を読み込む。次に、当該設定流量（Q）を、初期値あるいは以前に読み込んだ流量設定値と比較し、設定流量に変更があるかないかを判断する（プロセスA）。ここで、設定流量に変更がある場合には、反応が落ち着くまでの時間を考慮し、所定時間だけ待機する。設定流量に変更がない場合は、そのまま次のプロセスへ進む。

【0097】

次に、原料改質調整手段4（図1）の温度Tを、信号104として読み込む。

次に、上記設定流量（ Q ）と観測温度（ T ）とから、連続的流量設定手段3（図1）に係るプロア回転数、あるいは圧縮機吐出圧などの補正値を算出する（プロセスB）。

【0098】

図6に示すプロセスBの基本的な作業内容は、次のステップから成る。まず、設定流量（ Q ）に応じて、反応の目標温度 T^* を決める。目標温度 T^* は Q によらず一定にするか、あるいは、 Q を変数とする函数として T^* を演算してもよい。また、 Q 毎に T^* の値が複雑に変わるような場合は、外部に別の記憶手段を設け、そこに記憶してもよい。

【0099】

次に、目標温度 T^* と観測温度 T との温度差 $\Delta T = T^* - T$ を算出する。次に、温度差 ΔT を補正するために必要な空気流量の補正値 ΔQ を求める。 ΔQ の値は、 ΔT を変えた実験などにより予め決めておく。記憶の形態には、函数やマップ、補間を利用でき、場合によって別の記憶手段を併用してもよい。

【0100】

次に、 ΔQ に対応するプロア回転数、あるいは、圧縮機吐出圧などの補正値を求める。当該補正値は、 ΔQ を変えた実験などにより予め決めておく。記憶の形態には、 ΔQ と同様の方法を利用できる。プロセスBの最後に、上記補正値を補正前の値に加算し、補正後の値を算出する。

【0101】

一連の制御プロセスの最後に、補正後の値を新たなプロア回転数、あるいは、圧縮機吐出圧などとして、連続的流量設定手段3に値を出力する（105）。以上の制御プロセスを繰り返すようにする。

【0102】

図6の例では、温度差 ΔT に基づき補正値を算出し、これを繰返し加算することで、積分制御（I制御）の特徴を有するようにした。もちろんプロセスBとして、その他の制御法を採ることもできる。

【0103】

例えば、比例制御（P制御）の特徴を有するようにする場合は、温度差 ΔT か

ら補正後の設定流量 Q を算出し、対応するプロア回転数、あるいは、圧縮機吐出圧などの値を指令値として求めるようにする。この場合、補正値を逐次加算する処理はしない。また、I制御とP制御とを組合せたり、処理能力に余裕があれば、一般のPID制御やその他の制御法を適用してもよい。

【0104】

補足として、上記図6のプロセスAは、原料改質調整手段4（図1）の特性に応じて、省略してもよい。

【0105】

別の補足として、設定流量（ Q ）と観測温度（ T ）の読み込みは、何れかの時点において同時に実施するようにしてもよい。

【0106】

また別の補足として、図6のプロセスBでは、制御の基本的な内容を説明するため、複数の作業内容を分割して記載したが、例えば、上記設定流量（ Q ）と観測温度（ T ）の値に応じて所定の補正値を直接出力するよう、函数やマップデータにまとめたり、また途中の段階において、 ΔT から ΔQ を介さずに直接補正値を求めるようにすることで、当該プロセスの一部または全部を一つの作業に纏めることもできる。

【0107】

また別の補足として、観測値として読み込む信号104は、必ずしも原料改質調整手段の温度ばかりでなく、例えば、所定のガスセンサの出力など、水素製造状態を特徴づける別の情報であってもよい。

【0108】

また別の補足として、補正後の値の出力は、必ずしも図6の制御周期毎に実施しなくてもよい。一つの方法として、所定回数だけ補正演算を繰り返した後、結果を出力するようにしてもよい。この場合、補正結果は所定回数加算された後に出力されるので、例えば、流量設定手段の分解能による制限を受けて、小さな補正結果が切り捨てられる場合などに、流量設定値の変更を確実にできる。当該補正演算回数を調節して、流量設定手段への流量設定値出力の時間間隔を調節してもよい。

【0109】

別の方法として、補正処理の繰り返しとは別に、所定時間毎に流量設定値を出力してもよい。この場合、補正処理の結果を記憶しておき、補正処理が繰り返される毎に更新をする。設定値出力の際には、その時点で記憶されている処理結果を読み出して出力することで、補正処理の演算に要する時間に係らず、一定の時間間隔に流量値の変更ができる。

【0110】

さらに別の補足として、フィードバック手段の制御法は上記ソフトウェア的なもの以外に、ハードウェア的なものであってもよい。一例として、温度によって形状の変化するバイメタルなどの部材の形状変形を利用して、空気供給系の弁開度を調節できるようにすればよい。つまり、温度の上昇下降（部材の形状変形）と共に、流路開口部を塞ぐ、あるいは、開放するようにすれば、ハードウェアによる流量補正で温度変動を抑えるようフィードバック制御を施すことができる。

【0111】

上記本実施例に係る図6の制御法によれば、観測値と目標値との差に基く制御をベースに採用しているので、比較的簡単な演算でフィードバック制御をすることができる。

【0112】

また、補正値を逐次積算する積分制御の特徴を有するので、一時的、突発的な変動後に定常偏差の発生を抑制でき、安定に元の制御値を回復することができる。本発明の離散的流量設定手段（図1）の流量設定値は、変動の有無によらず最適な値に設定されており、連続的流量設定手段の流量設定値は、当該制御法により、一時的、突発的な変動後に、安定に元の制御値を回復できるので、これらの組合せにより、内的外的要因による一時的、突発的な反応の不安定化に適切に対処できる。

【0113】

なお、図6の例では、所定の目標温度を実現する制御法を説明したが、目標温度に幅を持たせてもよい。つまり、反応温度が所定の温度範囲に入るように制御を施してもよい。

【0114】

次に、図7に、反応温度が所定の温度範囲に入るように制御する場合の ΔQ の算出法を説明する。図中、直線①は、例えば、図6に説明した制御法の場合に相当する。

【0115】

直線①によると、観測温度 T と目標温度 T^* との温度差 $\Delta T = T^* - T$ が増えれば、温度を上げるように空気量を増加させ($\Delta Q > 0$)、結果として原料改質調整手段4(図1)で生じる酸化反応を促進するようにし、逆に、温度差 ΔT が減少すれば、温度を下げるように空気量を減少させ($\Delta Q < 0$)、酸化反応を抑制するようにしている。もちろん①の関係は、必ずしも線形にする必要はない。

【0116】

これに対し、折れ線②では、所定の温度幅 T_b の間では ΔQ をゼロとし、補正は実施しない。温度幅 T_b を超える正負の温度差 ΔT についてのみ、上記①の場合と同様に、 ΔQ をそれぞれ増減させ、温度を制御するようにしている。

【0117】

温度制御の対象とする個所が比較的溫度変動を起こし易い場合、所定の目標温度を正確に実現するには詳細な制御必要になる。また、反応の遅れが著しい場合には、制御困難な場合もある。しかし、目標温度に幅を持たせれば、制御の難しさは緩和され、比較的簡単な方法で、安定な制御が可能になる。

【0118】

上記本実施例に係る図7の制御法によれば、所定の目標温度に幅を持たせた温度制御ができるので、温度が不安定になり易い発熱反応部などを対象に、安定な温度制御を実施することができる。

【0119】

図8は、本実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の一例を説明する説明図である。図中、41は水素製造に必要な原料の前処理をするための手段である。気体の状態で供給されるメタンや空気に対し、液体の状態で供給される水を混合するには、水を高温の反応環境に直接噴霧してもよいが、予め気化させておく方が混合し易い場合がある。

【 0 1 2 0 】

また、触媒によるメタンの酸化反応を促進するには、予めメタンを予熱し、昇温しておく方がよい場合もある。

【 0 1 2 1 】

前処理手段 4 1 では、こうした原料の状態を必要に応じて調整する。また、硫黄化合物を付臭剤として含むメタンや、自動車排ガス濃度の高い環境の空気を使う場合など、付臭剤や排ガスに含まれる硫黄分を前処理手段 4 1 で除去することが望ましい。このため、前処理手段 4 1 では、例えば、脱硫反応をするための触媒を所定反応状態に維持し、外部から供給される原料の脱硫も実施する。

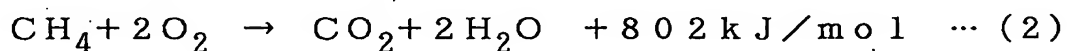
【 0 1 2 2 】

図 8 では省略しているが、液体原料の気化、原料の予熱、あるいは、付臭剤を含むメタンに対する脱硫、排ガスを含む空気に対する脱硫は、前処理手段 4 1 において、それぞれ独立に実施してよい。これらの処理部をまとめて、前処理手段 4 1 とした。

【 0 1 2 3 】

4 2 は改質手段であって、前処理された供給原料を基に所定の化学反応を起こし、水素リッチなガスを製造する。原料にメタン、水、酸素を使う場合、該所定の反応には、化 1 に示す水蒸気改質反応と化 2 に示す酸化反応とがある。水蒸気改質反応（式（1））はメタンから水素を生成する反応であるが、吸熱反応のため、別の発熱反応や外部からの加熱を要する。酸化反応（式（2））はメタンを原料とする発熱反応であり、反応温度を維持するための熱源として利用できる。反応により製造される水素濃度は、反応の平衡ガス組成で決まる。平衡ガス組成は温度に依存し、高い水素濃度を得るには、反応温度を上げることが望ましい。

〔化 1〕



原料にメタン、水、空気を使う場合の反応温度は、例えば 600℃ - 800℃ ほどに設定すればよい。ここで、式（1），（2）に示す反応熱の値は、反応温度などの条件に依存して変わるが、ここでは目安となる値を示した。なお、以下

の式においても同じである。

【0124】

酸化反応は、水蒸気改質反応より反応速度が速いので、供給する空気（酸素、酸化剤）の量を制御すれば、酸化反応を速やかに制御でき、結果として発熱量を制御することができる。

【0125】

併用改質方式（オートサーマル改質方式）では、2つの反応を熱的にバランスさせ、反応に必要な温度を自立的に維持するので、上記の温度制御は特に重要である。この二つの反応は、必ずしも同じ場所で起こす必要はない。反応を位置的に分離することで、反応相互の影響が低減し、個々の反応を安定に実施できる場合もある。

【0126】

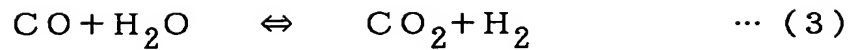
例えば、反応の前段（原料流れの上流）で、メタンの酸化反応で熱を発生させ、反応の後段（原料流れの下流）に伝熱し、所定の吸熱反応を起こすようにする。伝熱の形態には、物質移動による対流伝熱や触媒を伝わる伝導伝熱がある。伝熱効率を高めるには、例えば、発熱、吸熱それぞれの反応個所を、金属壁など伝熱効率の高い隔壁を介して隣接させてもよい。なお、式（1）、（2）に示す反応は、それぞれ代表的な反応経路を示すものであって、実反応では他の反応が全く生じないわけではない。

【0127】

43は、前記所定の化学反応の結果、やむを得ず発生するガスのうち、システム動作に有害なガスを低減あるいは除去するための手段である。例えば、前記所定の化学反応で生じる一酸化炭素（CO）は、燃料電池など発電手段5の電極触媒を劣化させる有害作用を及ぼす場合があるので、式（3）に示す平衡反応（シフト反応）を利用して一酸化炭素の濃度を低減したり、新たに空気（酸素、酸化剤）を加え、酸化反応を利用してこれを除去したりする。上記の各反応は、実用的には何れも触媒反応で起こすことができる。

〔化2〕

低 温（約200℃）→



← 高 温

前処理手段41、改質手段42、後処理手段43には、それぞれの反応に適する触媒を実装する。一例として、改質手段42の酸化による発熱反応には、パラジウム系や白金系の貴金属触媒を、水蒸気改質による吸熱反応には、ニッケル系の触媒を使うことができる。また、後処理手段43において、一酸化炭素を低減ないしは除去するためには、銅-亜鉛系の触媒を使うことができる。これら触媒は、ペレット状に混練成型あるいは担持されたものであってもよいし、ハニカムや金属板に塗布されたものであってもよい。

【0128】

44は熱制御手段であり、原料改質調整手段4の各部の熱をやり取りすると共に、熱的な効率を向上するための手段である。15は、発電手段5の余剰水素、あるいは、当該余剰水素を含むオフガスであり、熱制御手段44の熱源として供給される。

【0129】

16は、外部から供給される原料や熱エネルギーであり、同様に熱制御手段44の熱源になる。外部から供給される原料や熱エネルギー16の供給形態は、専ら燃焼に使われるメタンなど、バーナ燃焼のための新たな燃料であってよいし、外部あるいはシステム内部の水蒸気などから、熱交換器によって熱を回収・放出するための水蒸気であってよいし、あるいは、制御容易な電氣的ヒータを駆動するための電氣的エネルギーであってよい。これらは、熱制御手段44の個々の形態に依存する。熱制御手段44としては、バーナ、熱交換器、電気ヒータのほか、例えば、反応熱の均一化を図るため、良好な熱伝導を有する金属部材やヒートパイプなどを使ってもよい。もちろん、これら複数の形態を組合せてもよい。

【0130】

前記の前処理手段41と、改質手段42と、後処理手段43と、熱制御手段44とを組合せて、原料改質調整手段4を構成した。特に、原料改質調整手段4の各要素手段を横断的に制御可能な熱制御手段44を設けることで、各部の温度制

御を容易にし、かつ、熱的効率を向上するようにした。51は、発電手段5の発電した電氣的出力14を直流から交流に変換するための手段であり、インバータを使うことができる。

【0131】

17は、直流交流変換の結果得られた交流出力を示す。52は電力貯蔵手段を示す。電力貯蔵手段52には、充放電可能なりチウム系の二次電池などを使用できる。18は発電手段5の余剰電力を示す。なお、図8では、温度検出のための手段や場所を特定していないが、上記のように、例えば、改質手段42の発熱反応部近傍に、上記熱電対や各種温度センサを設けるようにする。

【0132】

次に、上記本実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の働きについて説明する。

【0133】

原料改質調整手段4に供給された原料12は、まず前処理手段41で、液体原料については必要に応じて気化し、メタン酸化反応の促進などに必要な場合には原料を予熱昇温し、また、有害元素を除去する必要がある場合は脱硫等の前処理を受ける。続いて、改質手段42で、所定の化学反応、例えば、式(1)，(2)に代表される反応により、水素リッチなガスに改質される。

【0134】

続いて、後処理手段43で、システムに有害な一酸化炭素などのガスを、触媒反応により低減・除去する。

【0135】

熱制御手段44は、前処理手段41、改質手段42、後処理手段43のそれぞれの反応に必要な熱、あるいは、補助的な熱を供給すると共に、必要に応じて熱の回収・再分配をする。例えば、改質手段42の吸熱反応部に補助的な熱を供給し、発熱部からは一部の熱を回収し、局所的な温度上昇を回避するようにする。これにより、局所的な温度上昇を回避して、所望の反応温度プロファイルを得る。

【0136】

原料改質調整手段4の出力ガス13は、例えば、燃料電池などの発電手段5に供給され発電される。発電手段5の出力14は、直流交流変換手段51において、一般に利用し易い交流の形態に変換され、電気的な出力17として出力される。発電の結果、余った電力18は電力貯蔵手段52に貯蔵する。例えば、発電手段5の立ち上げ時や、急な電力需要増加時などに電力貯蔵手段52に貯蔵した電力を放出する。

【0137】

補足として、上記本実施例では、供給原料としてメタン、水、空気の組合せを示したが、これらの供給原料は原料改質調整手段4の水素の製法に応じて変えることができる。例えば、メタノール、水、酸素を使う場合、改質手段4で利用する所定の反応は、式(4)に示す水蒸気改質反応(吸熱反応)と、式(5)に示す部分酸化反応(発熱反応)である。

【化3】



両反応をバランスさせる併用改質方式(オートサーマル改質方式)によれば、反応に必要な温度を自立的に維持できる。また、この場合、空気(酸素、酸化剤)以外の原料として、所定濃度のメタノール水を直接利用すれば、液体原料の供給を均一にでき、反応にとって好ましい。該メタノール水は、所定の流量で供給されるメタノールと水とを、原料改質調整手段4の供給に当って混合するようにしてもよいし、あるいは、所定濃度のメタノール水を予め用意しておくようにしてもよい。後者の場合、メタノールと水との混合比率を変えることはできないため、種々の水素製造条件に適應することは難しくなるが、原料供給系を1系統削減できるので、装置の構造は簡単になる。

【0138】

別の補足として、発熱のための酸化反応が不足する反応状態では、補助的な熱源として熱制御手段44を使用してもよい。熱制御手段44は、空気(酸素、酸化剤)に係る流量補正に基づき実施する温度制御を補助するよう、改質手段42に対し所定の熱を供給できる。

【0139】

この場合、図1に説明した空気（酸素、酸化剤）流量のフィードバック制御は、該熱供給で不足する分の熱量のみを調節、制御すればよい。該熱供給に当っては、流量選択手段101からの信号103cやフィードバック手段8（図1）からの信号105を参照し、供給する熱量を変更するようにしてもよい。

【0140】

上記本実施例に係る図8の原料改質調整手段と発電手段とによれば、所望の反応温度を維持しながら、原料供給系のハードウェアとソフトウェアの両方を簡略化し、低コストな燃料電池発電システムを提供できる。

【0141】

当該燃料電池発電システムは、発電出力の違いに応じて、家庭用の分散電源、ホテルやコンビニエンスストアなどで使用する産業用分散電源、車載用電源、また災害時の可搬電源などに適用できる。実用的な特性を維持したまま、低コストを図るようにしているので、広い普及が期待される。

【0142】

以上、図2、3に例示した離散的流量設定手段、図4、5に例示した連続的流量設定手段、図6、7に例示したフィードバック手段の制御法、および、図8に例示した原料改質調整手段と発電手段とを組み合わせれば、図1の本実施例を効果的に運用でき、原料供給系に係る装置類の低コスト化と、水素製造に係る精度の維持、安定化とを両立できる。

【0143】

【実施例 2】

図9は本実施例に係る水素製造装置の説明図である。図9（a）は、 $n1$ 段階の流量設定が可能な離散的流量設定手段であり、図3と同じ構成を採用した。つまり、 $n1=4$ の場合を示す。

【0144】

図9（b）は、少なくとも $n2$ 段階の流量設定が可能な連続的流量設定手段である。図中、34は回転数一定で使用するブロアであり、環境の空気1cを後段に供給する。35は流量調節弁であり、例えば、バタフライ式の弁の開閉角度を

制御できるようになっている。流量調節弁 3 5 は、回転数一定プロア 3 4 の後段にあって、流量の多段階制御をする。プロアの回転数制御のような連続制御に替わり、流量設定を多段階に実施するために流量調節弁 3 5 を設けた。

【 0 1 4 5 】

1 0 5 は流量補正のための信号であるが、本実施例においては、流量調節弁 3 5 の弁開度を制御する信号である。流量調節弁 3 5 の開度は、上記の通り $n 2$ 段階変化させるものとする。その他の構成要素は、図 1 ～ 8 と同様である。

【 0 1 4 6 】

次に、本実施例に係る水素製造装置の働きについて説明する。

【 0 1 4 7 】

空気（酸素，酸化剤）以外の供給原料について、 $n 1$ 段階の離散的流量設定手段、特に、開閉弁を二段並列配管した流量設定手段を使用する点は、実施例 1 に係る図 3 の例と同じである。本実施例での特徴は、空気（酸素，酸化剤）に係る流量設定手段の設定流量を、 $n 2$ 段階に離散化した点にある。但し、空気（酸素，酸化剤）については、フィードバック手段 8 による流量補正制御を実施するので、 $n 2$ は少なくとも $n 1$ より大きいことが望ましい。 $n 2 > n 1$ の条件を満たさないと、補正の精度が、もともとの流量切替え精度と同じになってしまうため、一時的、突発的な温度変化などに対する補正ができなくなる。

【 0 1 4 8 】

空気（酸素，酸化剤）に対する流量設定は、次のように実施する。プロア 3 4 は、一定の回転数で、ほぼ一定の量の空気（酸素，酸化剤）を流量調節弁 3 5 に供給する。流量調節弁では、バタフライ式のパルプ開度で流量を調節する。つまり、図 9（b）のパルプ開度 1 の位置から $n 2$ の位置まで開度を変えると、流量ほぼゼロの状態から、最大流量（パルプ全開）の状態まで、流量を変えることができる。パルプ開度をステップ的にしているので、流量もステップ的に変化する。

【 0 1 4 9 】

図 9（b）では、説明のため各ステップ間のパルプ開度の増分をほぼ同じ角度に示したが、パルプ開度と実流量の関係を実測した上で、各ステップに必要な角

度を決めてもよい。これにより、例えば、調節弁上流側の圧力変化の影響を吸収できる。

【0150】

供給停止時には、プロア34の回転数はゼロにすることが望ましい。バタフライ式のバルブは停止時の漏れが生じ易いが、バルブを閉じる（図の1の位置にする）と同時に、プロア34の回転数をゼロにすれば、空気11cの供給をより確実にゼロにすることができる。

【0151】

補足として、図9では連続可変な調節弁の開度を離散的に設定する場合を示したが、そもそも弁開度が必要なステップ的な変化しかできない弁や、該変化を実現するような開閉機構を採用してもよい。

【0152】

また、別の補足として、上記バタフライバルブを使った流量調節弁は、他の手段に変えてもよい。例えば、ピンチ弁やニードル弁を使う場合には、当該弁の有効流路断面積を変化させ、 n 2段階の離散的な流量設定をする。また、整圧器（ガバナ）を使う場合には、整圧器（ガバナ）の圧力調節の基準圧力や、内部減圧手段の有効流路断面積を変化させ、 n 2段階の離散的な流量設定をすればよい。

【0153】

上記の本実施例によれば、フィードバック制御を要する空気（酸素、酸化剤）の流量設定を n 2段階の離散的設定にすることで、マイクロコンピュータなどデジタル的な制御手段による流量設定を容易にできる。

【0154】

デジタル化した方が、一般に安価で、高性能なシステムを組むことができる。ここで n 2は、離散的流量設定手段の流量設定ステップ数 n 1（実用的な例で云えば n 1 = 4）より少なくとも大きく、望ましくは十分に大きく採ることで、実施例1で説明した、フィードバック制御に係る精度を大きく損なうことはない。

【0155】

〔実施例 3〕

図 1 0 は本実施例に係る水素製造装置の説明図である。本実施例の特徴は、供給原料 1 2 a, 1 2 b, 1 2 c が、それぞれ時間的パルス状に供給される点にある。それぞれの原料は、供給周期 T 1 毎に時間 T 2 a, T 2 b, T 2 c ずつ供給されるようにした。図 1 0 において、フィードバック手段 8 が出力する流量補正のための信号 1 0 5 は、空気（酸素、酸化剤）の供給に係る流量パルス幅 T 2 c を制御する信号である。その他の構成は図 1 と同じである。

【 0 1 5 6 】

次に、本実施例に係る水素製造装置の働きについて説明する。当該パルス供給を実現するには、例えば、開閉弁の開閉時間を制御すればよい。一例として、上記空気（酸素、酸化剤）と各原料毎に設けた供給系のそれぞれに、開閉バルブを設けて供給周期 T 1 毎に T 2 a, T 2 b, T 2 c だけ供給ラインを開くようにする。

【 0 1 5 7 】

ここで、T 1 時間の平均供給流量が、流量選択手段 6（図 1）の与える一組の設定値に合うようにパルスの高さ（設定流量）を決めておく。要求水素製造量が変わり、当該設定値が変わる場合にはパルス高さを変えずにパルス幅 T 2 a, T 2 b, T 2 c を変えるようにする。このため、開閉バルブを複数組合せる必要はなく、開閉バルブの開閉時間のみを制御すればよい。特に、空気（酸素、酸化剤）を供給するパルス幅 T 2 c については、信号 1 0 5 に応じて開閉時間を連続可変にできるので、実施例 1 と同様の温度補正制御ができる。

【 0 1 5 8 】

補足として、上記供給周期 T 1 を充分短くできれば、事実上連続供給と変わらないスイッチング制御ができる。しかし、開閉弁の機械的特性や寿命の点から、T 1 を充分短くできない場合がある。この場合、原料改質調整手段 4 の出力ガス量に脈動や変動が生じる場合があるが、脈動や変動は、図 1 2 で説明するように、原料改質調整手段 4 の後段に、水素貯蔵手段（バッファタンク）を備えることで吸収低減できる。

【 0 1 5 9 】

別の補足として、図 1 0 では全ての供給原料について共通の供給周期 T 1 を設

定し、位相を合わせたが、これらを原料毎に変えるようにしてもよい。位相を調節すると、反応に最適な原料混合ができるよう各原料の供給タイミングを調節できる。もちろん、各原料の供給タイミングがあまり大きくずれると、反応の効率は低下する。

【0160】

また、別の補足として、開閉弁の開閉時間のみでなく、各開閉弁の流量を同時に変えるようにしてもよい。これは、上記パルスの幅のみならず、高さも変えることに相当する。このためには、例えば、複数並列配管した開閉弁の開閉時間それぞれ制御すればよい。これにより、詳細な流量設定が可能になる。

【0161】

本実施例によれば、離散的流量設定手段として、開閉バルブを複数組合せたり、連続的流量設定手段を別に設ける必要がなく、供給系それぞれに設けた開閉弁、例えば、電磁バルブの開閉時間を変えるだけで流量の設定や補正ができるため、ハードウェアの簡略化に対する効果が大きい。

【0162】

図1.1は、本実施例に係る水素製造装置の別の制御法を説明する。図1.1(a)は、通常の原料供給状態を示す。原料の供給周期 T_1 、流量パルス幅 T_2 で所定の平均流量を設定している。

【0163】

図1.1(b) ha, 過渡的応答時のパルス幅補正を示した。例えば、水素製造量を増やす場合、流量選択手段6(図1)の出力に従い、該当供給原料を増やすよう、パルス幅を T_2 から T_3 に増加する。ここで、要求水素製造量の切替えに合わせて、一時的に流量を $T_2(>T_3)$ に増やすようにした。これにより、目標水素製造量への収束を早めるようにしている。逆に流量を減らす場合、一時的に T_2 を T_3 より小さく設定するようにできる。

【0164】

T_2 を算出のための補正量は、変更前後のパルス幅に応じて、記憶手段7(図1)に記憶しておくことができる。図1.1の場合、最初のパルス幅が T_2 であること、また、変更後のパルス幅が T_3 であることから、所定の補正量を求めるこ

とができる。要求水素製造量変更の指示を受けて、当該パルス幅の変更をする一連の操作は、流量選択手段 6（図 1）において実施するようにできる。

【 0 1 6 5 】

補足として、図 1 1 の補正処理は 1 供給周期分についてのみ実施したが、複数供給周期に渡って、補正を施してもよい。また、複数の供給周期に渡って、補正量をより細かく変えるようにしてもよい。補正を実施する供給周期の回数は、記憶手段 7（図 1）に記憶しておくことができ、変更の設定は同様に流量選択手段 6（図 1）で実施するようにできる。

【 0 1 6 6 】

別の補足として、補正量は供給周期 T_1 に応じて変えるようにしてもよい。複数の供給周期 T_1 を同様に記憶しておき、これを切替るようにしてもよい。

【 0 1 6 7 】

また、別の補足として、図 1 1 の過渡的な原料供給法は空気（酸素、酸化剤）ばかりでなく、その他の供給原料について実施してもよい。

【 0 1 6 8 】

上記本実施例に係る図 1 1 の制御法によれば、要求水素製造量の変化に応じて、原料供給の時間を制御することで、過渡的な応答性、要求水素製造量変化への追従性を向上できる。

【 0 1 6 9 】

〔実施例 4〕

図 1 2 は本実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の一例の説明図である。図中、4 a と 4 b は何れも原料改質調整手段であり、これらを 1 と 2 で区別した。さらに複数の原料改質調整手段があってもよいが、ここでは 2 つの原料改質調整手段で代表した。9 は水素貯蔵手段（バッファタンク）である。水素貯蔵手段 9 は、簡単には配管部の容積を広げたり、タンクを直列配管したりして水素リッチガスを当該空間に充填できるようにする。また、タンクだけでなくコンプレッサと開閉弁とを組合せて、出力ガスを一旦貯蔵するようにしてもよい。

【 0 1 7 0 】

出力ガスの貯蔵については、水素貯蔵手段（バッファタンク）9 の内圧をモニ

タしたり、発電手段5の負荷をモニタして、水素貯蔵手段9へのガスの流入、流出量を制御するようにできる。ここで水素貯蔵手段9は、パッシブあるいはアクティブに流れのローパスフィルタとして機能できる点が重要である。

【0171】

91は水素貯蔵手段への補助的な水素供給手段である。水素供給手段91の水素貯蔵には高圧水素ボンベ、水素吸蔵合金やカーボンナノチューブなどの水素貯蔵材料を利用できる。

【0172】

水素貯蔵材料を使用する場合には、例えば、カーボンナノチューブに貯蔵された水素を開放するための加熱手段など、水素を出し入れするための手段を水素供給手段91の一部として併設する。水素供給手段91は、それ自体が水素製造装置であってもよい。92は発電手段5で発電後に余った水素を純化する水素選択手段である。例えば、パラジウム系の膜を使うと水素を選択的に透過できることが知られている。その他の構成要素は図8と同様である。

【0173】

次に、本実施例に係る原料改質調整手段と発電手段の働きを説明する。まず、少なくとも一つの原料改質調整手段(4a、4b)は、それぞれに原料供給(121、122)を受けて、水素リッチガスを製造する。ここで、複数の原料改質手段は、個々に独立に運転制御してもよいし、全て同じに運転制御してもよい。

【0174】

前者の場合、一例として、原料改質調整手段のうちの一つは、常にベースロード運転しながら、他の原料改質調整手段は要求水素製造量が大きい場合にのみ、必要な数だけ運転を開始するようにできる。これにより、水素製造量のダイナミックレンジを広げながら、無駄の少ない運転を可能にできる。

【0175】

後者の場合、供給原料(121、122)の量は、全て同じに制御する。このため、水素製造量のダイナミックレンジを広げながら制御は容易である。上記水素リッチガスは、燃料電池などの発電手段5に供給する前に、水素貯蔵手段(バッファタンク)9を経由するようにした。

【 0 1 7 6 】

水素供給手段 9 1 は、原料改質調整手段 4 a、4 b が故障したり、水素製造量が極端に不足する場合、あるいは、装置の急な立ち上げ時などに、水素を補助的に供給する。

【 0 1 7 7 】

水素貯蔵手段（バッファタンク）9 としてタンク構造を採る場合は、その構造自体がパッシブな流れのローパスフィルタとして機能する。また、上記のようにガスの流出・流入量をフィードバック制御する場合には、流れの脈動をキャンセルするアクティブなローパスフィルタとしても機能する。つまり、水素貯蔵手段（バッファタンク）9 を設けることで、ガスの流れに脈動が重畳する場合、その影響を低減できる。水素供給手段 9 1 は、補助的手段であるので省略してもよい。

【 0 1 7 8 】

水素貯蔵手段 9 の供給する水素リッチガス 1 3 を受けて、燃料電池などの発電手段 5 で発電を行う。発電後のオフガスには、一般に水素が残留しているので、当該オフガスを、水素選択手段 9 2 を介して水素貯蔵手段 9 に還流するようにした。水素選択手段 9 2 を介することで、水素濃度の高いガスを還流することができる。もちろん、オフガスは、他の目的に利用することもできるので、水素貯蔵手段 9 への還流を省略してもよい。発電の結果、得られた電氣的出力は図 8 の場合と同様に変換され、利用される。

【 0 1 7 9 】

補足として、水素貯蔵手段（バッファタンク）9 は、原料改質手段 4 a、4 b の出力ガスの流れに対し、並列に設けてもよい。該並列配管部にコンプレッサなどの昇圧手段、開閉弁、バッファタンク、さらに出口側開閉弁を順次配管すれば、上記出力ガスの主たる流れを妨げることなく、水素の貯蔵容量を向上できる。

【 0 1 8 0 】

該バッファタンク内部に上記水素吸蔵合金やカーボンナノチューブなどの水素貯蔵材料をさらに設け、水素貯蔵材料から水素を出し入れするための手段（例えば、加熱手段）を併設してもよい。上記並列配管部入口側、出口側の弁の開閉は

、一例として発電手段 5 の負荷をモニタし、負荷が大きくなった場合には放出、負荷が安定し小さい場合には貯蔵となるよう制御すれば効果的である。併せて、上記出力ガスの主たる流れの中に、管内空間部やタンクなど、流れのローパスフィルターとして機能する構造を設ければ、上記燃料改質手段出力ガスの脈動低減効果を損なうことがない。

【 0 1 8 1 】

本実施例によれば、原料改質調整手段 4 と発電手段 5 の間に、水素貯蔵手段（バッファタンク） 9 を設けることで、原料改質調整手段の出力ガス量の時間的変動を吸収し、緩和することができる。例えば、実施例 3 に係る水素製造装置（図 1 0、図 1 1）の製造する水素量は、パルス的な原料供給のため、脈動する場合があるが、水素貯蔵手段（バッファタンク） 9 を当該水素製造装置の原料改質調整手段 4 の後段に設けることで、出力ガス量の脈動を低減できる。結果として、発電手段 5 による発電を安定に実施できる。

【 0 1 8 2 】

また、複数の原料改質調整手段を設ける場合、該原料改質調整手段それぞれの生成ガス量に一時的なばらつきが生じる場合もあるが、水素貯蔵手段（バッファタンク） 9 によって、これらのばらつきも同時に吸収し低減できるので、複数の原料改質調整手段を組合せたシステムの構成が容易になる。

【 0 1 8 3 】

【発明の効果】

本発明によれば、空気（酸素，酸化剤）と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置において、前記各原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた複数設定値の何れかを選択し、各原料それぞれの供給量を設定し、前記空気（酸素，酸化剤：以下単に空気と云う）は、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう、該空気の供給量を可変制御することで、当該制御自体が新たな外乱要因となる危険性を回避し、実用環境下での反応変動に対して安定化を図ることができる。

【 0 1 8 4 】

また、前記空気以外の流量設定手段に対しては、詳細な流量制御を不要とし、

比較的構造が簡単で、かつ、制御の容易な流量設定手段を使うことで、ハードウェアとソフトウェアの両面からシステム全体の簡略化を図ることができる。

【0185】

また、前記各原料は、個々に所定の流量を与える複数開閉弁の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定し、前記空気は、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるよう流量可変な弁の開度、該空気の供給圧力、吐出量を制御可能なブロアの吐出量を制御して供給量を設定することで、また、前記各原料の供給は、実用環境において制御や動作の誤りが起こりにくく、実用面での信頼性を向上できる。

【0186】

また、前記空気の供給は、ブロアの回転数制御により反応部の温度補正制御ができ、システム全体の精度を維持できる。

【0187】

また、前記各原料は、要求水素製造量に応じて予め定めた $n1$ 通りの設定値を選択し、それぞれの供給量を設定し、前記空気は、予め定めた $n2$ 通りの設定値を選択し、その供給量を設定することで、マイクロコンピュータなどデジタル制御手段で流量設定が容易となる。

【0188】

また、前記空気と各原料の供給には、それぞれに流量設定手段、例えば、電磁バルブの開閉時間を変えるだけで流量設定ができ、ハードウェアを簡略化できる。加えて、要求水素製造量の切替えなど、水素製造運転の状態に応じて、その値を変えることで、過渡的な応答性を向上できる。

【0189】

また、本発明の水素製造装置を内部水素供給源として用いることで実用的な安定性を実現した燃料電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の水素製造装置および当該水素製造装置を用いた発電システムの説明図である。

【図 2】

実施例 1 の離散的流量設定手段の説明図である。

【図 3】

実施例 1 の別の離散的流量設定手段の説明図である。

【図 4】

実施例 1 の連続的流量設定手段の説明図である。

【図 5】

実施例 1 の別の連続的流量設定手段の説明図である。

【図 6】

実施例 1 のフィードバック手段の制御法の説明図である。

【図 7】

反応温度が所定の温度範囲に入るように制御する場合の ΔQ 算出法の説明図である。

【図 8】

実施例 1 の原料改質調整手段と発電手段の説明図である。

【図 9】

実施例 2 の流量設定手段の説明図である。

【図 10】

実施例 3 の流量設定手段の説明図である。

【図 11】

実施例 3 の供給流量制御法の説明図である。

【図 12】

実施例 4 の水素製造装置および当該水素製造装置を用いた発電システムの説明図である。

【符号の説明】

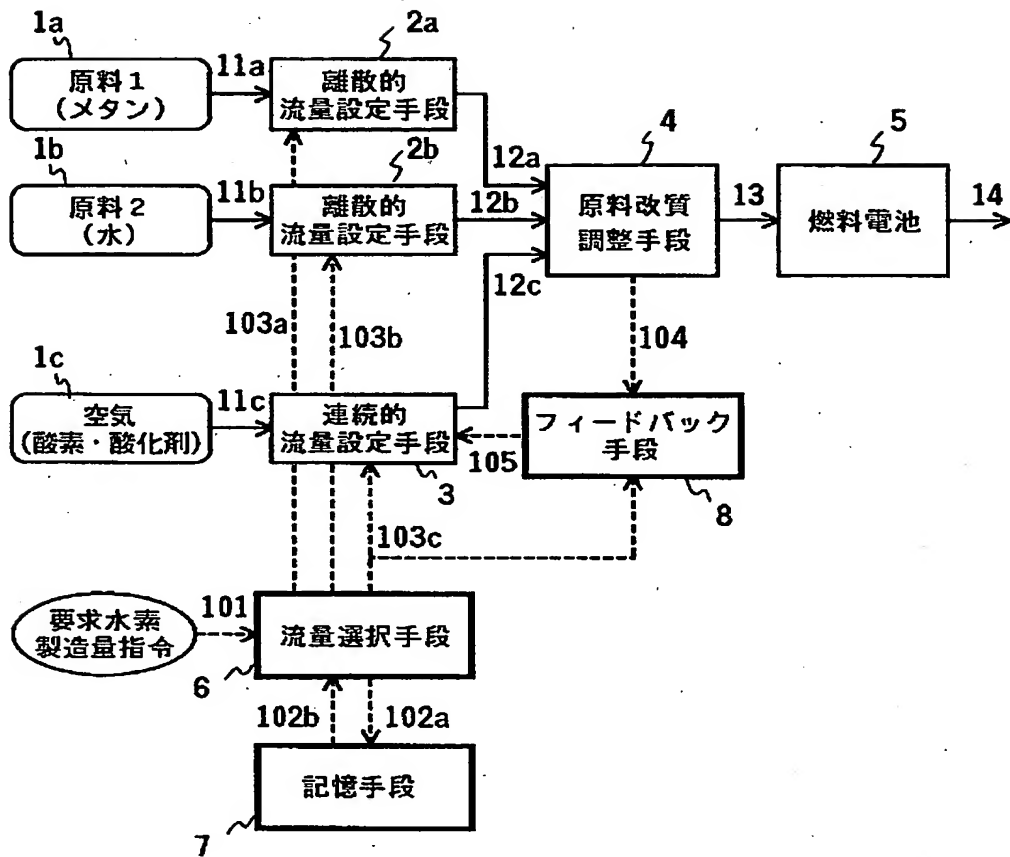
1 a, 1 b…空気（酸素，酸化剤）以外の供給原料、1 c…空気（酸素，酸化剤）、2…離散的流量設定手段、3…連続的流量設定手段、4…原料改質調整手段、5…発電手段、6…流量選択手段、7…記憶手段、8…フィードバック手段、9…水素貯蔵手段（バッファタンク）、11 a, 11 b…空気（酸素，酸化剤）

）以外の供給原料の流れ、1 1 c … 空気（酸素，酸化剤）の流れ、1 2 a，1 2 b … 流量設定後の空気（酸素，酸化剤）以外の原料の流れ、1 2 c … 流量設定後の空気（酸素，酸化剤）の流れ、1 3 … 原料改質後の水素リッチガス、1 4 … 発電による電氣的出力、1 5 … 余剰水素の還流、1 6 … 外部からのエネルギー供給、1 7 … 交流出力、1 8 … 余剰電力、2 1 a … 流れの分岐手段、2 2 a，2 3 a … 開閉弁、2 4 a … 流れの結合手段、2 5 a，2 6 a … 流量調節手段、3 1 … ブロア（回転数可変）、3 2 … 圧縮手段、3 3 … 絞り、3 4 … ブロア（回転数一定）、3 5 … 流量調節弁、4 1 … 原料改質の前処理手段、4 2 … 改質手段、4 3 … 原料改質の後処理手段、4 4 … 原料改質の熱制御手段、5 1 … 直流交流変換手段、5 2 … 電力貯蔵手段、9 1 … 補助的水素供給手段、9 2 … 水素選択手段、1 0 1 … 要求水素製造量の指令、1 0 2 a … 記憶手段へのアクセス、1 0 2 b … 記憶手段からの記憶情報、1 0 3 … 流量設定のための信号、1 0 4 … 原料改質調整手段の状態信号、1 0 5 … 流量補正のための信号。

【書類名】 図面

【図 1】

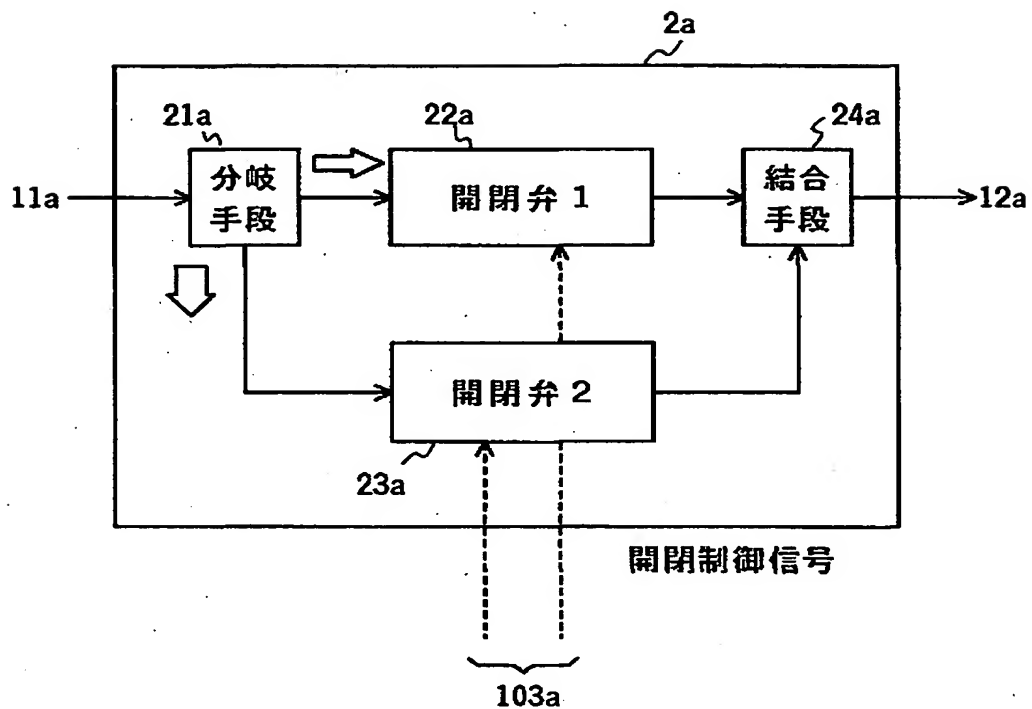
図 1



【図 2】

図 2

(a)



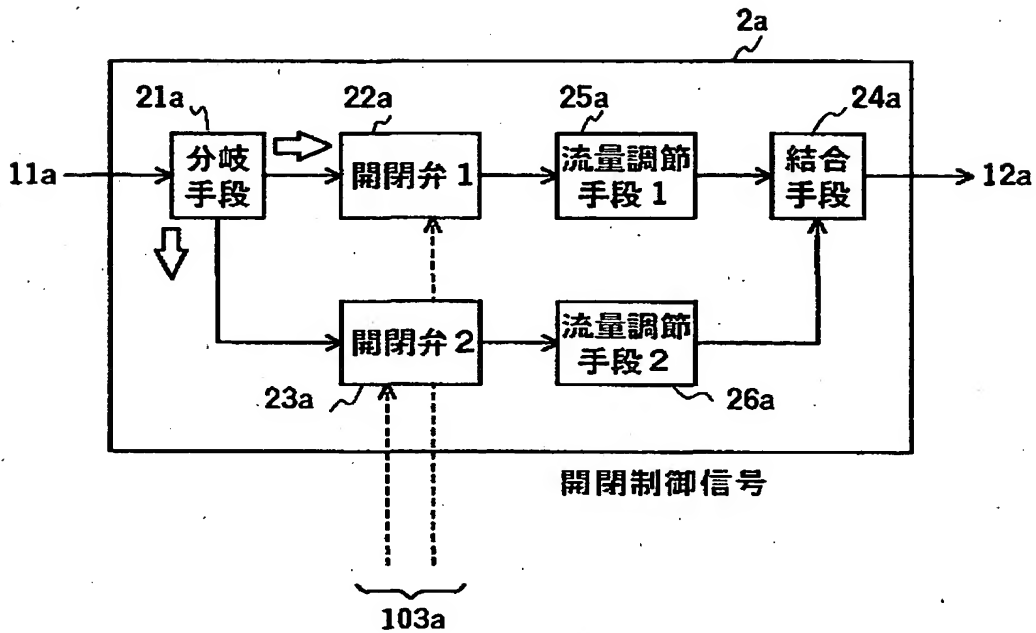
(b)

弁の開閉と原料供給流量の関係

		開 閉 弁 1	
		閉	開
開 閉 弁 2	閉	反応 停止	低流量
	開	中流量	高流量

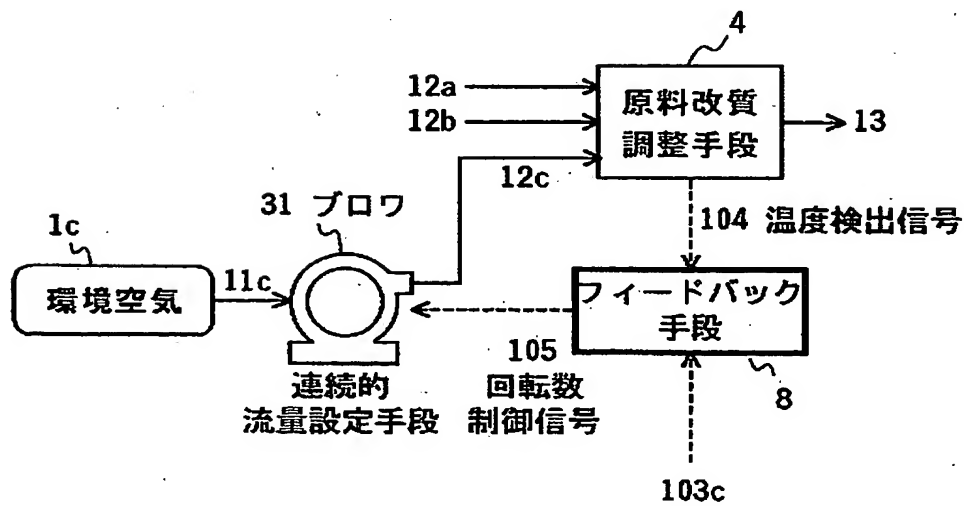
【図 3】

図 3



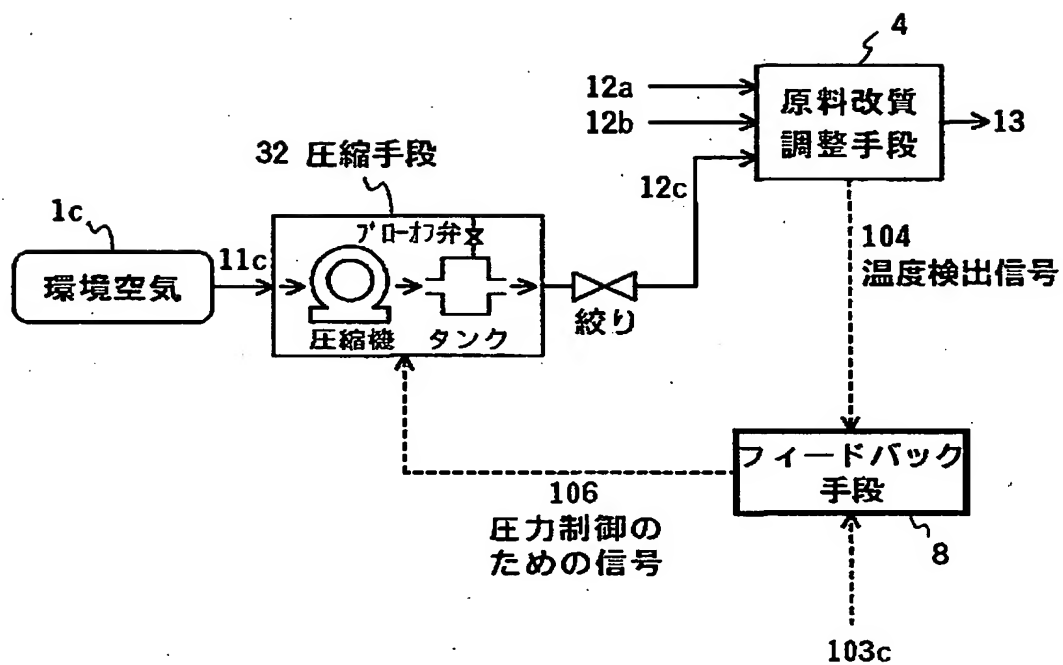
【図 4】

図 4



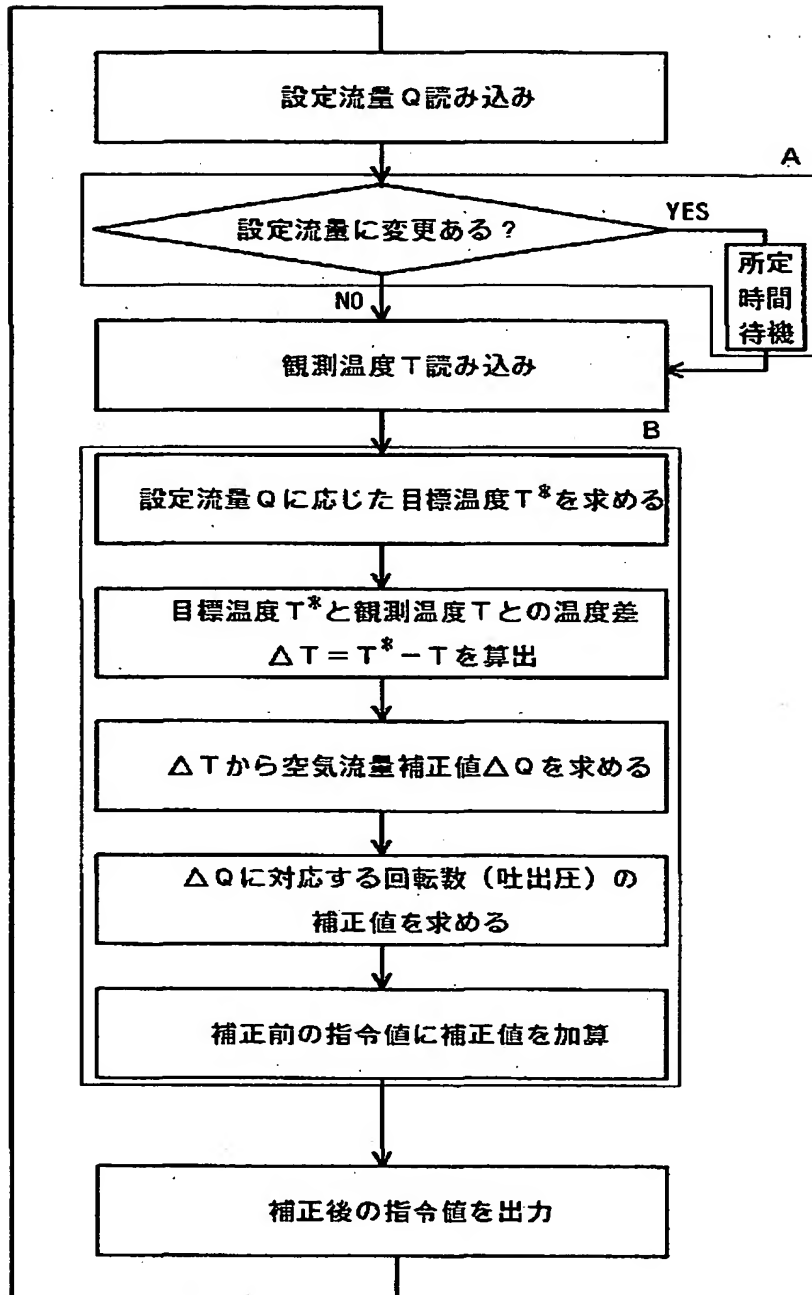
【図5】

図 5

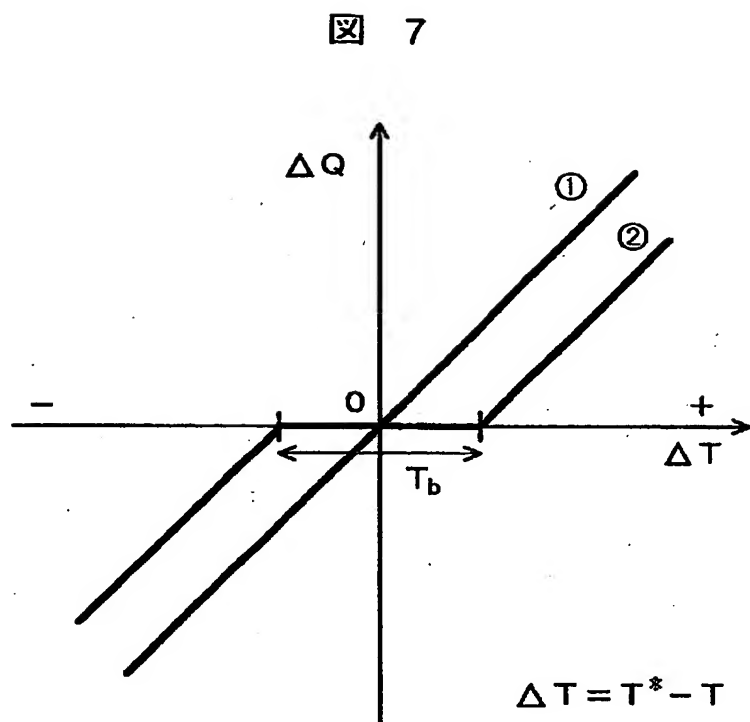


【図 6】

図 6

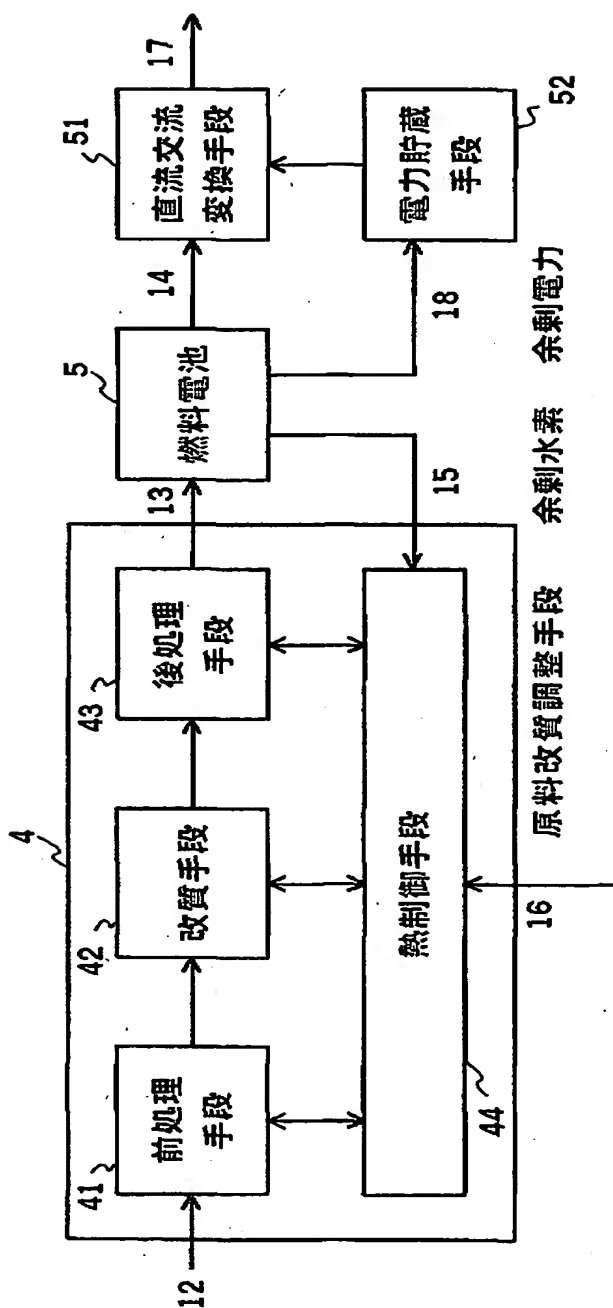


【図 7】



【図 8】

図 8

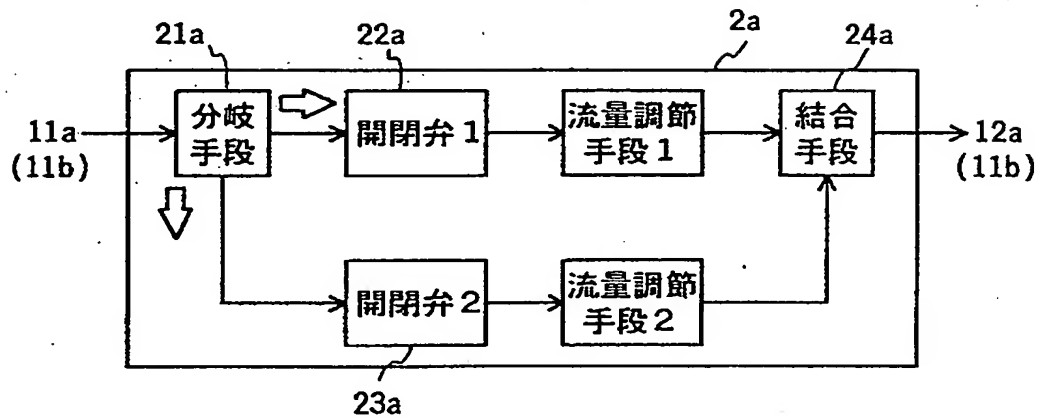


【図 9】

図 9

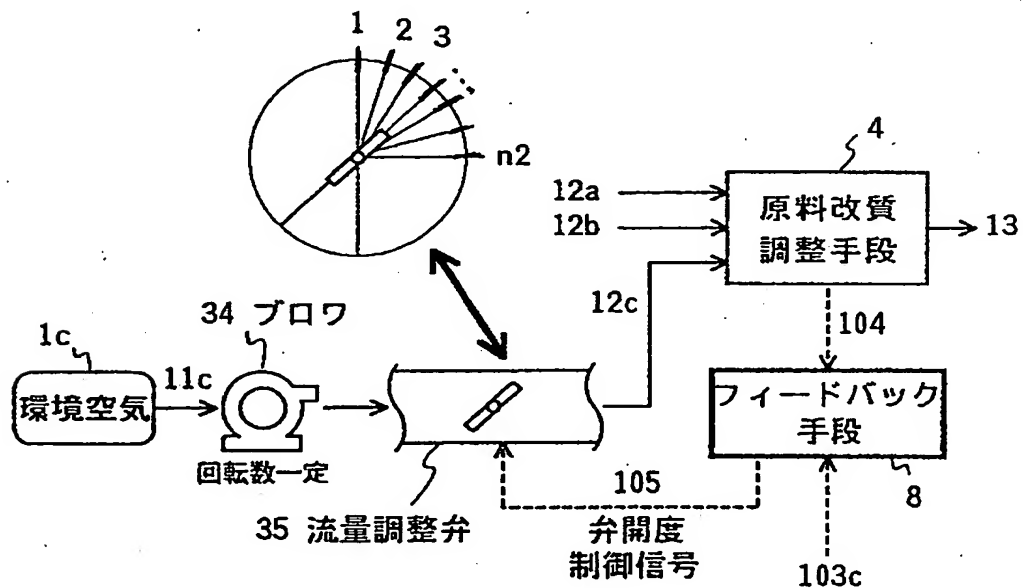
(a)

流量設定 $n1$ 段階 ($n1=4$ の例)



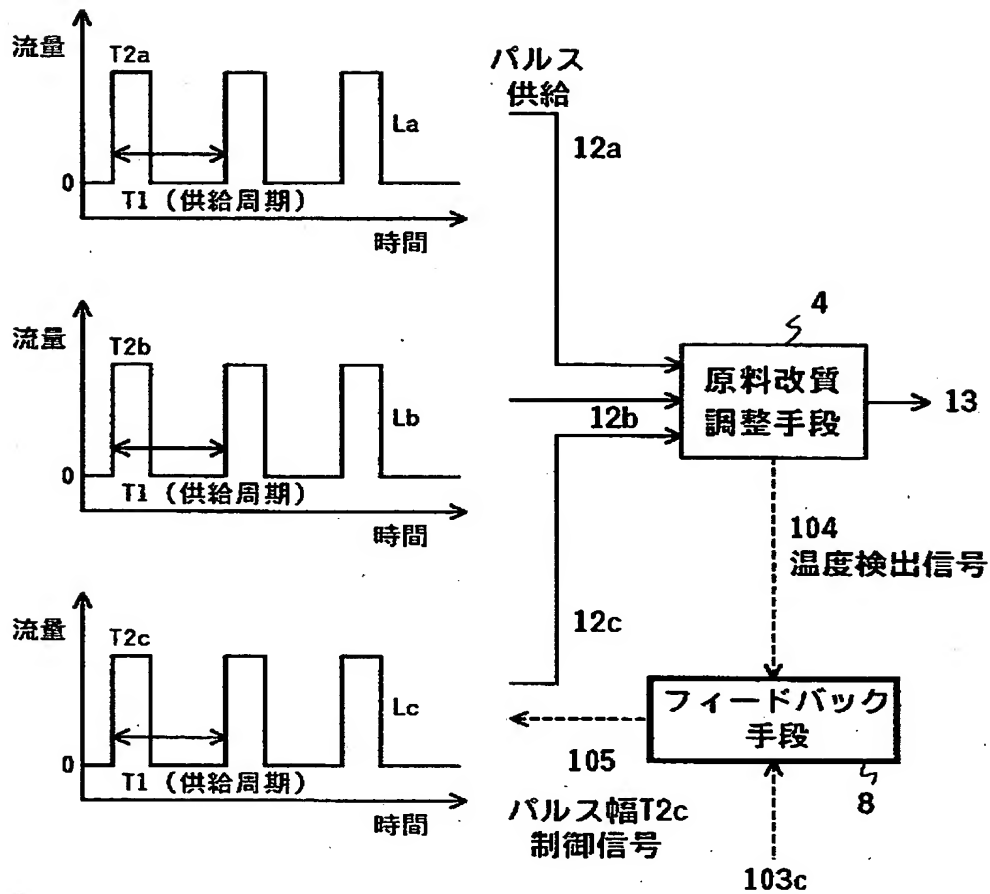
(b)

流量設定 $n2$ 段階 ($n2>n1$)



【図 10】

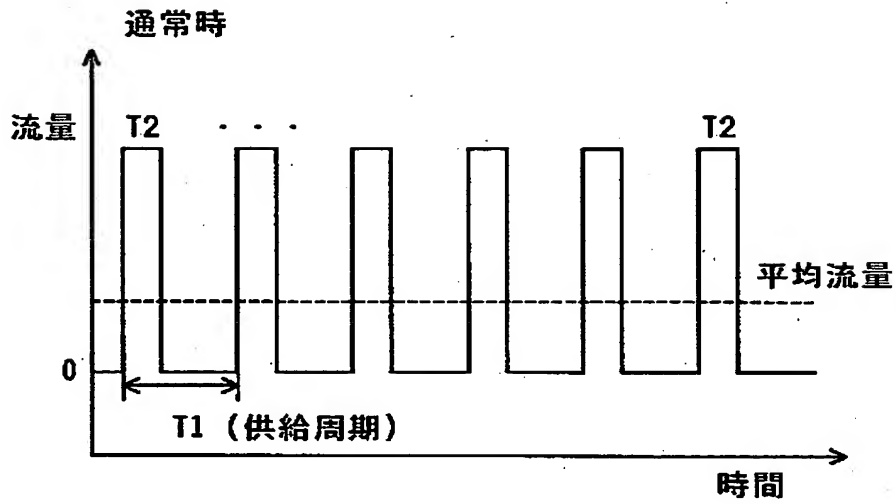
図 10



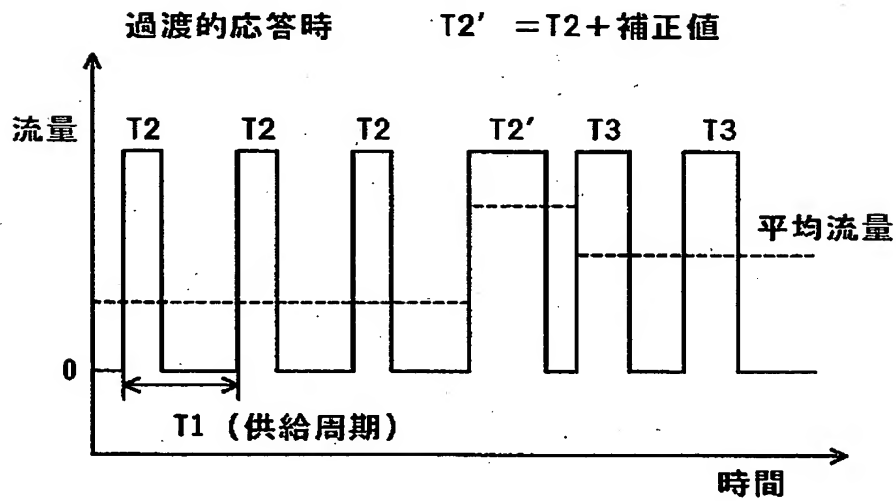
【図 1 1】

図 11

(a)

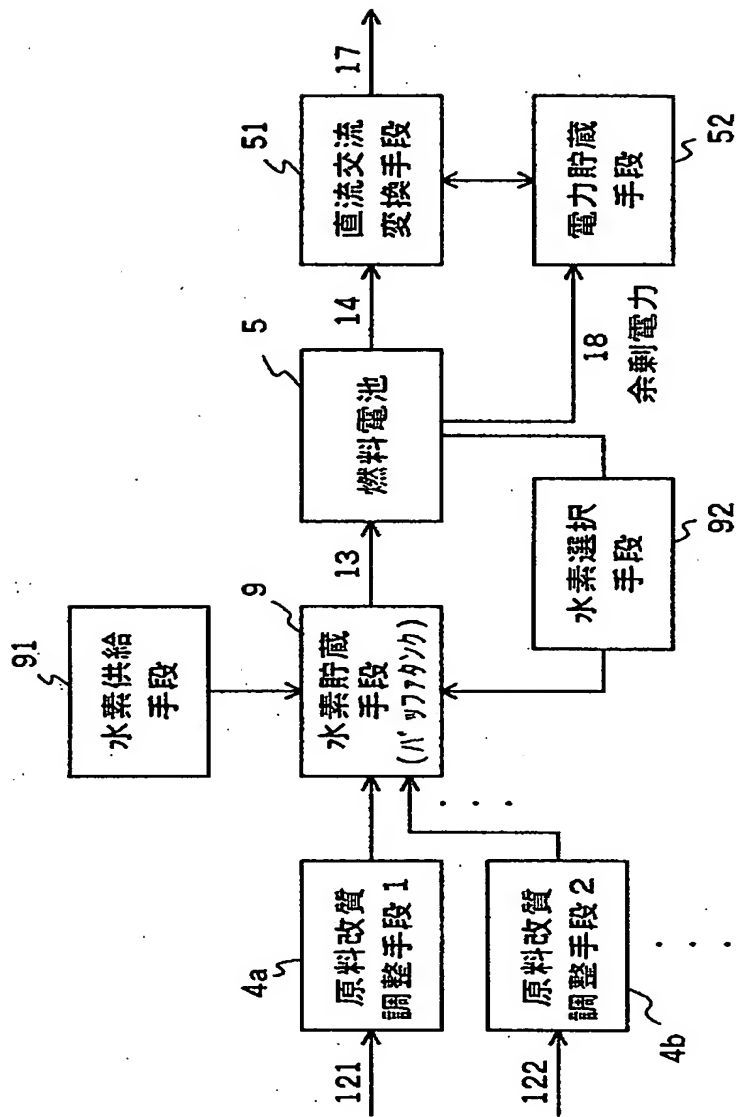


(b)



【図 12】

図 12



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 水素製造に係る精度の維持と安定化を両立した水素製造装置の提供

【解決手段】 反応の安定化、特に反応温度の維持のため、空気（酸素、酸化剤）1 c については、フィードバック手段 8 によるフィードバック制御を実施し、その他の供給原料 1 a、1 b については要求水素製造量に応じて予め決めた設定値を指示する流量選択手段 6 に従い、オープンループ制御で原料供給し、これに合わせて、空気（酸素、酸化剤）1 c には、連続値で流量を設定可能な流量設定手段 3 を使用し、その他の供給原料 1 a、1 b は、開閉弁の開閉状態の組合せによって離散値で流量を設定する離散的流量設定手段 2 a、2 b を用いた水素製造装置。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005441]

1. 変更年月日 1998年 5月 6日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区浜松町二丁目4番1号
氏 名 バブコック日立株式会社